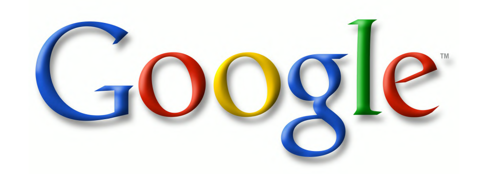
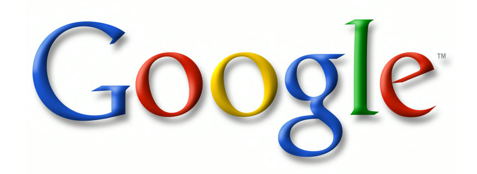
















# ANNALEN

DER

# PHYSIK UND CHEMIE.

BAND LX.

# ANNALEN
DER
# PHYSIK
UND
# CHEMIE.




HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.



SECHSZIGSTER BAND.

DER GANZEN FOLGE HUNDERT SECHS UND DREISSIGSTER.

---

NEBST DREI KUPFERTAFELN.

---

LEIPZIG, 1843.
VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.









# ANNALEN

DER

# PHYSIK UND CHEMIE.

BAND LX.



# ANNALEN

DER

# PHYSIK UND CHEMIE.

BAND LX.

## Nachweis zu den Kupfertafeln.

1843. ANNALEN №. 9.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LX.

## I. *Ueber elektrische Abbildungen;*
*von G. Karsten.*

Seit mein letzter Aufsatz über die elektrischen Abbildungen in diesen Blättern erschienen ist, sind von verschiedenen Seiten her Abhandlungen über die Erzeugung von Abbildungen durch verschiedene Methoden bekannt gemacht worden. Prof. Moser hat seine Theorie in einer eigenen Schrift auseinandergesetzt, die Ansichten der HH. Hunt und Knorr sind in diesen Blättern, die der HH. Fizeau, Daguerre, Masson und Morren in den *Comptes rendus* zu finden. Es sey mir erlaubt, diese verschiedenen Ansichten einer Prüfung zu unterwerfen. Bevor ich jedoch diefs unternehme, will ich noch einige neue Thatsachen, die sich bei den fortgesetzten Versuchen ergeben haben, berichten.

Es schien mir zur Erkenntnifs des Processes der Bilder-Erzeugung von grofser Wichtigkeit, die Art der Oberflächenveränderung einer genauen Prüfung zu unterwerfen. Mittelst dieser Untersuchung hoffte ich zur Entscheidung der Frage zu gelangen: welcher Kraft die Bilder-Erzeugung zugeschrieben werden müsse, ob dem Lichte, der Wärme oder der Elektricität. Zuerst betrachtete ich die Platte (meist eine Messing- oder Kupferplatte), auf der durch Elektricität ein Bild erzeugt worden war, unter dem Mikroskop; allein ich konnte durchaus keinen Unterschied zwischen dem Bilde und den übrigen Theilen der Platte auffinden. Behauchte ich die Platte, so schien auf den ersten Anblick das Bild der erhabenen Theile nicht benäfst zu seyn; allein bei scharfer Besichtigung bemerkte ich, dafs ein viel feine-

rer Hauch diese Theile überzogen hatte. Unter dem Mikroskop zeigt sich der Hauch als eine grofse Menge einzelner Tropfen, die so an der Platte haften, wie etwa ein Quecksilbertropfen an einer Silberplatte.

Der feine Hauch unterscheidet sich von dem gewöhnlichen dadurch, dafs die kleinen Tropfen mehr in einander verlaufen, und fast eine zusammenhängende Wasser-Oberfläche bilden. Durch den Procefs der Bildererzeugung ist also die Adhäsion des Dampfes vermehrt worden. Diese Eigenschaft der elektrischen Bilder, die Dämpfe stärker zu condensiren, führte mich auf die Vermuthung, dafs hier ein ähnlicher Procefs vor sich ginge, wie bei einer Platinplatte am Sauerstoffpol einer galvanischen Kette, dafs also die Platten an den Stellen der Bilder absolut rein würden. Zwar stellte ich mit Platten verschiedener Metalle Versuche an, um zu sehen, ob vielleicht Gasarten von denselben condensirt würden; allein ohne Erfolg. Dennoch glaube ich, dafs Versuche mit Platinplatten (deren ich mich nicht bedient habe) gute Resultate geben würden.

Statt der Condensation der Dämpfe suchte ich ein anderes Mittel aufzufinden, um die Bilder sichtbar zu machen, welches besonders dazu dienen sollte, die positiven Bilder von den negativen zu unterscheiden. Condensirte Dämpfe, besonders der Hauch, dessen Gebrauch am bequemsten ist, täuschen nämlich oft über die Art des Bildes, das je nach der verschiedenen Lage der Platte zum auffallenden Lichte bald positiv, bald negativ erscheint. Weil nun aus der verschiedenen Condensation der Dämpfe eine bedeutende Differenz zwischen Platte und Bild ersichtlich ist, so wollte ich untersuchen, wie weit diese Differenz auf einen chemischen Procefs Einflufs ausüben könnte. Ich brachte daher zwei Messingplatten, auf denen elektrische Bilder erzeugt worden waren, in eine schwache Kupfervitriolauflösung, und verband sie mit den Polen eines Calorimotors. In kurzer

Zeit kamen beide Bilder durch entgegengesetzte Processe zum Vorschein. Am Sauerstoffpole war das Bild nur schwach, aber es war wenigstens so viel ersichtlich, dafs die, den erhabenen Theilen des Objects entsprechenden Stellen des Bildes stärker angegriffen wurden, nahezu so stark wie der dem andern Pole zugekehrte Rand der Platte. Am Wasserstoffpole dagegen schlug sich das Kupfer aus der Lösung auf die Zeichnung eben so stark nieder wie auf den Rand der Platte; es entstand also ein rothes Bild auf gelbem Grunde. Aus diesem Verhalten geht wieder hervor (da die Wirkung an den Stellen des Bildes beschleunigt würde), dafs durch den Procefs der Bildererzeugung irgend welche Reinigung der Platte verursacht werde.

Da sich dieser Unterschied im Verhalten innerhalb der Kette gezeigt hatte, konnte ich nun viel einfacher verfahren. Eine Messingplatte mit darauf befindlichem elektrischem Bilde wurde in eine sehr verdünnte Auflösung von salpetersaurem Silberoxyd getaucht. Sogleich wurde das Silber aus der Auflösung gefällt, und zwar auf der Zeichnung stärker, als auf dem Grunde des Bildes. Wischte ich die Platte ab, so wurde das Bild oft erhalten, und zeigte mitunter eine weifse metallische Färbung, die von regulinischem Silber herrührte, und sich auf dem gelben Grunde der Messingplatte sehr hübsch ausnahm. Denselben Erfolg, wie zwischen Messing- oder Kupferplatten und salpetersaurem Silberoxyd, hat man zwischen Zinkplatten und schwefelsaurem Kupferoxyd. Eigentlich negative Bilder, d. h. solche, auf denen die Zeichnung gar nicht angegriffen wurde, habe ich in der Kette nie entstehen sehen. Bei Anwendung von Dämpfen erscheinen die Bilder dagegen fast immer negativ, und nur dann positiv, wenn man verschiedene Arten von Dämpfen anwendet; wenn man z. B. eine Platte erst jodirt und dann quecksilbert, so greifen die Queck-

silberdämpfe häufig die Theile an, die von den Joddämpfen freigelassen worden waren.

Die Moser'schen Bilder zeigen nun sowohl in der Kette als bei der Reducirung des Metalls aus den Auflösungen dieselben Eigenschaften, wie die elektrischen Abbildungen. Wir müssen also folgern, dafs die Kräfte, welche die elektrischen Abbildungen und die Moser'schen Bilder erzeugen, eine gleiche Oberflächenveränderung hervorrufen. Dasselbe gilt von den Bildern, deren Erzeugung durch Wärme beschleunigt wird, worunter ich aber weder die von Knorr, noch die von Hunt angegebenen verstehe, die gar nicht hierher gehören, sondern ganz andern Processen zugeschrieben werden müssen, wie sich später ergeben wird. Es wäre interessant zu wissen, ob die Daguerre'schen Bilder dasselbe Verhalten zeigen. Halten wir den eben gefundenen Satz fest, und vergleichen wir weiter die Moser'schen und elektrischen Bilder.

Legt man auf eine Metallplatte ein Glimmerblatt und auf dieses eine Münze, so entsteht kein Moser'sches Bild; ich habe eine solche Platte über sechs Wochen ohne Erfolg liegen lassen. Das Glimmerblatt war ausgezeichnet schön abgebildet, von der Münze aber keine Spur sichtbar. Wenn nun eine Farbe irgend einer Brechbarkeit Ursache der Moser'schen Bilder wäre, so müfste ein Bild entstehen, denn der Glimmer ist für alle Farben durchsichtig, er läfst weifses Licht hindurch, das unsichtbare Licht wird sich also durch mehr als durch seine Brechbarkeit von allen Farben des Lichts unterscheiden. Jedenfalls werden wir aus dem Versuche mit dem Glimmerblatt folgern können, dafs die elektrischen Abbildungen nicht von unsichtbarem Licht herrühren, es sey denn, dafs die Elektricität das unsichtbare Licht in ungeheurer Intensität enthielte. Bestimmt ist es nicht das elektrische Licht, was die Bilder hervorbringt, denn von der Münze schlagen über das Glimmerblatt fortwährend Funken nach

der Platte über. Der Weg dieser Funken müfste also sichtbar seyn, wenn das elektrische Licht Ursache der Bilder wäre; allein er ist es nicht, wohl aber die Stelle der Platte, in welche der Funke hineinschlug, wo also die Ausgleichung der elektrischen Spannung vor sich ging. Nun ist ja Glimmer einer der stärksten Isolatoren. Gesetzt also es lägen Gründe vor, die Moser'schen Bilder einer schwachen elektrischen Erregung zwischen Platte und Object zuzuschreiben, so würde es uns nicht mehr auffallen, durch ein Glimmerblatt hindurch kein Moser'sches Bild entstehen zu sehen; es hiefse diefs dann eben so viel verlangen, als ein Bild zu erzeugen, wenn zwischen Platte und Object eine Luftschicht wäre, deren Isolationsvermögen dem des Glimmerblättchens gleich ist. Gerade aber das Isolationsvermögen des Glimmers ist die Ursache, weshalb die elektrischen Bilder auf Metall durch Glimmer hindurch in kurzer Zeit entstehen; denn nur hierdurch ist es möglich, die elektrische Spannung bis zu einem hohen Grade zu erregen. Also das der Elektricität Eigenthümliche, die elektrische Spannung, ist die Ursache der elektrischen Bilder, nicht das elektrische Licht, nicht die möglicherweise entstehende Wärme; und behauptet man, unsichtbares Licht sey die Ursache der elektrischen Bilder, so giebt man zu, dafs unsichtbares Licht Elektricität sey.

Die Moser'schen und die elektrischen Bilder zeigen ein genau gleiches Verhalten gegen Dämpfe und gegen Licht. Sie haben genau gleiche Eigenschaften in Bezug auf das Nivelliren (was ein sehr gutes Reagens auch für elektrische Abbildungen auf jodirten Silberplatten ist). Wir müssen hieraus folgern, dafs die Veränderungen, welche von den beiden Kräften: dem unsichtbaren Lichte und der Elektricität, hervorgerufen werden, durchaus gleich seyn müssen, da sie von ein und derselben dritten Kraft in gleicher Weise modificirt werden.

Die Moser'schen Bilder können nicht in grofser

Entfernung entstehen. Hieraus folgt, daſs das unsichtbare Licht sich vom gewöhnlichen auch noch dadurch unterscheidet, daſs es sich nicht beliebig weit fortzupflanzen vermag, man müſste denn der Luft ein unverhältniſsmäſsig starkes Absorptionsvermögen für das unsichtbare Licht zuschreiben. Eine Aehnlichkeit mit der Elektricität zeigt aber hierin wieder das unsichtbare Licht, denn der Wirkungskreis der Elektricität ist ja auch nur ein sehr beschränkter.

Die Moser'schen und elektrischen Bilder schwärzen weder Jod, noch salpetersaures Silberoxyd, noch Hornsilber. Folglich hat das unsichtbare Licht wieder andere Eigenschaften wie das gewöhnliche Licht, dieselben wie die Elektricität.

Unsichtbares Licht ist endlich, nach Prof. Moser, in keiner unserer Lichtquellen enthalten, wohl aber in jedem Körper. Elektricität ist auch nicht im Sonnenstrahl, höchstens könnte sie da entstehen, wo der Sonnenstrahl auf einen Körper trifft; aber elektrische Erregbarkeit kommt jedem Körper in Verbindung mit einem andern zu.

Wir haben also folgern können: 1) die Elektricität, und nicht Licht, weder gewöhnliches noch unsichtbares (auſser in groſser Intensität), ist die Ursache der elektrischen Abbildungen; 2) Elektricität und unsichtbares Licht bringen genau dieselben Veränderungen an Körpern hervor; 3) Elektricität und unsichtbares Licht unterscheiden sich gleicherweise vom gewöhnlichen Lichte durch ihren geringen Wirkungskreis und durch ihr Verhalten gegen lichtscheue Substanzen; 4) unsichtbares Licht kommt nicht da vor, wo Licht ist, in der Sonne, den Sternen u. s. w., wohl aber in allen Körpern; folglich ist es eine allen Körpern zukommende gemeinsame Eigenschaft, wie die elektrische Erregbarkeit.

Diese Gründe zusammengefaſst scheinen mir die Analogie zwischen Elektricität und unsichtbarem Lichte stark

genug zu machen, um beide identificiren zu können, und von dieser Ansicht aus will ich versuchen eine Erklärung der Erscheinungen zu geben.

Wenn zwei Körper, die irgendwie von einander verschieden sind, in Berührung mit einander kommen, so entsteht ein elektrischer Strom. Dieser, wiewohl sehr allgemeine Satz, möchte wohl zugegeben werden können; wir wissen, dafs nicht nur durch Berührung zweier Metalle ein elektrischer Strom entsteht, wie es der Volta'sche Fundamentalversuch zeigt, sondern die Untersuchungen sind auch auf viele andere Stoffe ausgedehnt worden. Wenn auch bei den meisten Körpern ein directer Nachweis der entstandenen Elektricität nicht gegeben ist, so haben wir doch kein Recht ihr Vorhandenseyn zu läugnen, da uns die Mittel fehlen, eine sehr schwache elektrische Erregung zu messen. Eine Leidner Flasche, stark geladen, giebt keinen Schlag mehr, wenn sie durch einen langen nassen Faden entladen wird. Wir wissen jedoch, dafs starke Elektricität vorhanden war; wie aber, wenn uns die Mittel gefehlt hätten, welche die Spannung der Flasche angezeigt hatten, hätten wir dann Recht gehabt, die Existenz der Elektricität in der Flasche zu läugnen? In diesem Falle ist es die Verzögerung des Stromes, die uns die Spannung zu erkennen verhindert. Kommt nun noch hinzu, dafs die Spannung überhaupt nicht kräftig erregt wird, und dafs sie schon wieder ausgeglichen wird, ehe sie einige Intensität erlangt hat, so wird es uns nach unseren jetzigen Mitteln unmöglich seyn, den dennoch existirenden elektrischen Strom nachzuweisen. Diese drei Umstände vereinigen sich bei den Moser'schen Bildern, um uns die elektrische Spannung zwischen Object und Platte entgehen zu lassen. Legen wir eine Münze auf eine Metallplatte, so möchten wir im Augenblick der Berührung noch allenfalls den entstehenden elektrischen Strom nachweisen können. Ist aber das Object ein anderer Körper, etwa ein Halbleiter, so ist erstens

die erregte Elektricität schwach; zweitens kann die Spannung zu keiner Intensität gelangen, weil eine fortwährende Ausgleichung derselben stattfindet; drittens geschieht diese Ausgleichung ganz allmälig wegen der materiellen Beschaffenheit des Objects. Diefs wären etwa die Ursachen, weshalb die Anwesenheit eines elektrischen Stroms bei dem Processe der Bildererzeugung uns entgehen könnte. Ob dieser elektrische Procefs nun die wahrscheinliche Ursache ist, ist eine neue Frage; viele Umstände weisen darauf hin, dafs er es ist:

1) Wir wissen, dafs durch Elektricität Abbildungen entstehen.
2) Diese haben viele gleiche Eigenschaften mit den Moser'schen Bildern.
3) Die Moser'schen Bilder entstehen durch einen Procefs, bei dem man die Elektricität als anwesend betrachten kann, während das unsichtbare Licht eine *qualitas occulta* ist, und die Wärme am wenigsten als die Ursache der Bilder angesehen werden kann, wie schon Prof. Moser nachgewiesen hat, und wie ich nachher noch weiter zu beweisen denke.
4) Werden die Versuche so eingerichtet, dafs kein elektrischer Strom entstehen kann, so entstehen auch keine Abbildungen. Wenn man also zwischen Object und Platte einen Isolator einschaltet, entsteht kein Bild. Wenn man möglichst gleichartige Körper von derselben Temperatur aufeinanderlegt, so entsteht kein Bild. Ein Zusammenhang mit der Elektricität ist also bei der Bildererzeugung wohl ersichtlich, nicht aber mit dem unsichtbaren Lichte, wenn dieses die Haupteigenschaften des Lichtes haben soll.

Bei dieser Gelegenheit will ich einen Versuch anführen (der aber noch wiederholt werden mufs), welcher mir nicht unbedeutend für die Entscheidung dieser Frage zu seyn scheint. Eine Silbermünze wurde auf eine

Messingplatte gelegt, und aufsen herum mittelst eines Kupferstreifens mit der Platte verbunden. Eine gleiche Münze wurde auf eine gleiche Platte und zwischen zwei Glasplatten gelegt. Die Münzen und Platten waren lange Zeit in demselben Raume gewesen, und wurden drei Tage lang an demselben Orte aufbewahrt. Nach Verlauf dieser Zeit gab die erste Münze ein ausgezeichnetes, die zweite ein sehr schlechtes Moser'sches Bild; bei der ersten konnte der elektrische Strom sich durch den Kupferstreifen ausgleichen, während bei der zweiten die Ausgleichung der Spannung durch die Münzen selbst vor sich gehen, also die Bildererzeugung hindern mufste.

Ein Haupteinwand, der gegen diese Erklärung des Processes der Bildererzeugung gemacht werden kann, ist der, dafs auch Bilder in einer, wenn auch sehr geringen, Entfernung des Objects von der Platte entstehen. Doch auch hierauf wird sich mancherlei erwiedern lassen. Schon Volta hatte die Ansicht, dafs zwischen zwei einander sehr genäherten Platten eine elektrische Spannung entstände. Diese Spannung wird natürlich bedeutend geringer seyn, als die bei der Berührung entstehende, wegen des Gesetzes der Abnahme der Kräfte; aber man vergleiche auch nur solche Bilder, die in einiger Entfernung entstanden sind, mit denen, die durch unmittelbare Berührung erzeugt wurden; wie sich diese zu einander, so mögen sich die erregten Spannungen in beiden Fällen verhalten. Ferner, können wir wirklich sagen, zwei Platten aus der galvanischen Kette berühren einander vollkommen, ohne dafs eine, wenn auch noch so dünne Luftschicht sie trennt? Gewifs nicht, es handelt sich also hier nur um einen Quantitäts-, nicht um einen Qualitäts-Unterschied, und wenn man die Elektricitätserregung durch sogenannte Berührung zugiebt, so mufs man auch zugestehen, dafs in einer kleinen Entfernung solche Erregung denkbar ist.

Ein zweiter bedeutender Einwand ist der, dafs durch Galvanismus keine Bilder erzeugt werden. In dem vorigen Aufsatze habe ich erwähnt, dafs es mir weder durch einen Calorimotor, noch durch eine Volta'sche Säule gelungen ist unzweideutige Resultate zu erlangen. Diefs schiebe ich jedoch auf die schlecht angestellten Versuche, und ich bin jetzt beschäftigt neue anzustellen, mit denen ich, wie ich hoffe, zum Ziele kommen werde.

Einen dritten Einwand endlich könnte man aus dem Schlusse nehmen, den Prof. Moser gegen die Erzeugung der Bilder durch Wärme gezogen hat, und der auch hier passend erscheint. Er sagt nämlich, dafs die Wärme in den Leitern schnell verbreitet würde, und es also unmöglich wäre, scharf begränzte Bilder zu erhalten. Bei der Elektricität findet nun die Leitung noch unendlich viel schneller statt, aber nicht ihr, sondern der Spannung, die an ganz bestimmten Punkten erregt wird, kommt die Bildererzeugung zu.

Was nun den Einflufs der Wärme auf die Bildererzeugung betrifft, so verhält es sich damit so. Wird durch irgend einen Procefs die Verschiedenheit zwischen Platte und Object vergröfsert, so wird dadurch nothwendig der elektrische Procefs befördert werden. Die Wärme kann also nach der aufgestellten Ansicht dadurch die Bildererzeugung beschleunigen, dafs sie eine thermo-elektrische Spannung hervorbringt. Es hat mich sehr überrascht, dafs Hr. Knorr, obwohl er der Wärme die Bildererzeugung vindicirt, dennoch bei diesem Processe Aufschlüsse über Thermo-Elektricität erwartet. Umgekehrt kann man sich auch den Fall denken, dafs die Wärme hindernd wirkt, wenn z. B. durch Erwärmung des Objects, dieses in der Spannungsreihe der Platte näher gebracht wird.

Diefs ungefähr ist meine Ansicht über die Erzeugung der Bilder. Mag sie nicht die richtige seyn, so scheint sie mir doch jedenfalls wahrscheinlicher als die vom un-

sichtbaren Lichte, von der Wärme u. A. Ueberhaupt möchte es wohl zu voreilig scheinen, jetzt schon mit Erklärungen aufzutreten, da die Thatsachen noch so neu sind und täglich durch andere vermehrt werden; allein gerade dadurch, daſs von verschiedenen Ansichten aus Versuche angestellt werden, werden unsere Kenntnisse über diesen Gegenstand sich so erweitern, daſs die falschen Ansichten bald in den Hintergrund treten müssen.

Die Entdeckung des Prof. Moser scheint mir also keine Verallgemeinerung der Daguerre'schen zu seyn, sondern vielmehr eine solche, die uns ein ganz neues Gebiet eröffnet, indem sie uns Aufschlüsse über die feinsten elektrischen Beziehungen der Körper zu einander giebt.

In den andern Hypothesen, die aufgestellt worden sind, wird die Wärme und eine organische Verunreinigung der Platten als Ursache der Moser'schen Bilder angegeben. Vertreter der ersten Ansicht sind Hr. Hunt und Hr. Knorr; der zweiten die HH. Fizeau, Daguerre, Masson, Morren.

Prof. Moser erwähnt gleich in seiner ersten Abhandlung [1]), daſs er zuerst der Meinung gewesen sey: Temperaturdifferenzen möchten die Ursache der Bilder seyn. Er hatte nämlich durch Erwärmung bald der Platte, bald des Objects in kürzerer Zeit Bilder erhalten. Bald aber gab er diese Ansicht auf, indem er fand, daſs Körper von gleicher Temperatur sich ebenfalls auf einander abbildeten. Man hätte glauben sollen, daſs es nur darauf ankommen würde, die Richtigkeit dieser Versuche entweder zu bestätigen oder zu läugnen, und die Wärme als Ursache der Bilder zu verwerfen oder anzunehmen. Allein gleich darauf erscheinen zwei Abhandlungen, von Hunt und von Knorr, welche beide der Wärme die Bildererzeugung vindiciren, ohne der Versuche des Prof. Moser zu erwähnen. Hr. Hunt sagt zwar nicht genau,

1) Poggendorff's Annalen, Bd. LVI S. 206 bis 208.

durch welche Aeufsernng der Wärme die Bilder hervorgebracht werden, ob durch Temperaturdifferenz oder durch die specifische Wärme u. s. f.; aber seine Versuche sind nur dann einigermafsen verständlich, wenn man annimmt, dafs er eine hervorgebrachte Temperaturdifferenz als Ursache der Bilder annimmt. Hr. Knorr ist der Meinung, dafs eine gewisse Quantität Wärme zwischen Platte und Object in einer gewissen Zeit ausgetauscht werden müsse, um ein Bild zu erzeugen.

Aus den Versuchen des Hrn. Hunt [1]) scharfe Folgerungen zu ziehen, ist durchaus unmöglich. In Versuch No. 9 legte er blaue, rothe, orangefarbene Gläser, Kron- und Flint-Glas, Glimmer und Zeichenpapier auf eine Kupferplatte, und liefs diese Gegenstände eine halbe Stunde liegen. Nach Verlauf dieser Zeit gaben rothes Glas, Kron- und Flint-Glas gute Bilder, das orangefarbene Glas ein schwaches, Glimmer und blaues Glas keins, das beste aber das Zeichenpapier. Nun folgere man etwas hieraus! Die schlechten Leiter sind es nicht, welche die besten Bilder geben, denn sonst müfste das blaue und orange Glas und der Glimmer gute und das Zeichenpapier ein schlechtes Bild gegeben haben. In Versuch No. 16 legte er aufser den angegebenen Körpern ein berufstes Glas, ein Stück Kohle, ein Stück Kupfer auf die Platte, und alles in die Sonne. Nach einiger Zeit brachten Quecksilberdämpfe die Bilder in folgender Ordnung hervor: das berufste Glas, Kron- und Flint-Glas, das rothe Glas, Glimmer, das orange Glas, Papier, Kohle, Kupfer, das blaue Glas. Der Schlufs, den Hr. Hunt aus diesen Versuchen zieht, ist: »Ich habe immer gefunden, dafs diejenigen Substanzen, welche die Wärme am meisten absorbirten oder durchliefsen, die besten Bilder gaben.« Unter dieser Form ist der Schlufs sicher falsch, denn Kupfer und Kohle absorbirten ohne Zwei-

1) *Phil. Magaz. Dec.* 1842, *p.* 467. — Poggendorff's Annalen, LVIII S. 326.

fel mehr Wärme als die Gläser, und dennoch gaben sie schlechte Bilder. Der Sinn in diesem Satze ist der, dafs die absorbirenden Substanzen gute Bilder geben, wenn sie schlechte Leiter sind, also zwischen ihnen und der Platte eine Temperaturdifferenz hervorgebracht wird, und dafs die Substanzen, welche die meiste Wärme hindurchlassen, gute Bilder geben, wenn sie selbst kalt bleiben, während die Platte erwärmt wird. Wie anders aus dem angeführten Versuch gefolgert werden kann, ist mir nicht deutlich.

Nach seinen Beobachtungen giebt Hr. Hunt noch ein Verfahren an, um gute Bilder zu erhalten; ich erwähne hier desselben nicht ausführlich, da es schon in diesen Blättern beschrieben ist [1]). Nur mufs ich hinzusetzen, dafs Hr. Hunt hier offenbar etwas ganz Fremdartiges in das Spiel bringt. Diese Bilder sind weder Moser'sche noch Wärme-Bilder, sondern eine Art Lithographie von Druckerschwärze auf Quecksilber. Denn die so erzeugten Bilder sind erstens schon ohne Anwendung von Dämpfen sichtbar; zweitens lassen sie sich leicht abwischen, unterscheiden sich also schon dadurch von den tief in die Platte eindringenden Wärmebildern.

Ferner weifs man wie empfindlich eine reine Quecksilberoberfläche gegen Fett ist, und daraus geht hervor, dafs gedruckte Schrift oder Holzschnitte stets Spuren auf dem Quecksilber hinterlassen werden. Sodann habe ich mit Wasserfarben niemals solche Bilder erhalten, wohl aber Moser'sche und elektrische Abbildungen. Will nun Hr. Hunt behaupten, dafs Wärme die Ursache der Moser'schen Bilder sey, so hat er vorerst genauer anzugeben, worauf sich diese Behauptung stützt, denn seine Versuche beweisen nichts. Dann aber mufs er beweisen, dafs andere Kräfte nicht Ursache der Bilder seyn können; er mufs erklären, warum durch Elektricität Bil-

1) Bd. LVIII S. 332.

der entstehen können, wo von einer Wärmewirkung gar nicht die Rede seyn kann.

Hr. Knorr behauptet [1]), dafs gewisse Stadien der Wärmebilder unterschieden werden müfsten. Wenn nämlich eine gewisse Quantität Wärme zwischen Platte und Object in einer Zeit *t* ausgetauscht ein Moser'sches Bild hervorbrächte, so gäbe es noch ein weiteres Stadium, wenn die Zeit *t* verkürzt würde, wo das Bild ohne Anwendung von Dämpfen erschiene. Dieses zweite Stadium ist nun die neue Entdeckung von Hrn. Knorr, denn überhaupt zuerst die Wärme zur Erzeugung von Bildern angewendet zu haben, kann er nicht behaupten, da diefs schon vom Prof. Moser geschehen ist, dessen Versuche er aber ganz zu ignoriren scheint. Die Entdeckung des zweiten Stadiums gebührt also Hrn. Knorr, nur ist es Schade, dafs die im zweiten Stadium entstehenden Bilder gar nichts mit den Moser'schen zu thun haben, sondern eine ganz fremdartige Erscheinung sind. In No. 5 meines vorigen Aufsatzes erwähnte ich schon, dafs mittelst Wärme erzeugte Bilder oft ohne Anwendung von Dämpfen zum Vorschein kamen; damals wufste ich von Hrn. Knorr's Versuchen noch Nichts. Als diese mir bekannt wurden, wiederholte ich dieselben, und fand, dafs es eben jene Bilder waren, die ich früher beobachtet hatte. Jetzt bin ich zu dem Resultate gekommen, dafs diese Bilder einer Oxydation der Platte zugeschrieben werden müssen.

Es ist auffallend, dafs Hr. Knorr keine Platten von edlen Metallen angewendet hat, da doch der Gedanke an eine Oxydation bei so starker Erhitzung sehr nahe liegen mufste. Auf Platin- und Gold-Platten habe ich niemals Knorr'sche Thermographien erhalten wohl aber waren dann nach der Erhitzung immer Moser'sche Bilder vorhanden. Hr. Knorr benutzte zwar Daguerreotyp-Platten, allein diese können nicht entscheidend seyn, da ihnen ganz

1) Poggendorff's Annalen, Bd. LVIII S. 321 und 563.

eigenthümliche, noch unerklärte Eigenschaften zuzukommen scheinen. Schon Daguerre hat diefs behauptet, indem er sagte, dafs reine Silberplatten nicht so gut zu Daguerreotypen zu gebrauchen wären. Ich kann ein solches eigenthümliches Verhalten der Daguerre'schen Platten anführen. Im Bd. LVIII S. 117 erwähnte ich, dafs auf Daguerreotyp-Platten elektrische Abbildungen der Münze schon ohne Dämpfe sichtbar würden, wenn man eine grofse Menge Elektricität anwendet. Diefs Verhalten ist allen Legirungen eigenthümlich; ich habe auf verschiedenen Messingplatten ganz ähnliche, nur anders gefärbte Bilder erhalten. Matteucci macht eine Notiz in den *Comptes rendus* bekannt [1]), worin er schwarze Flecken beschreibt, die sich auf den Daguerreotyp-Platten bilden, wenn man Funken aus dem Conductor hineinschlagen läfst. Diese schwarzen Flecke haben denselben Ursprung wie jene Abbildungen, die also von den kleinen Fünkchen zwischen der Platte und dem Glimmerblättchen herrühren. Auf reinem Silber entstehen ebenfalls solche Bilder, nur schwächer. Ferner, wenn man Daguerreotyp-Platten, oder auch reine Silberplatten erhitzt, so überziehen sie sich mit einer weifslichen Haut, ein Beweis, dafs auf ihnen durch Hitze allerdings Veränderungen hervorgebracht werden, die zur Entstehung der Knorr'schen Bilder Anlafs geben können. Die Anwendung von Daguerreotyp-Platten (selbst die von reinen Silberplatten) war also nicht hinreichend, um darzuthun, dafs die Thermographien keine Oxydationen seyen. Da nun auf edlen Metallen keine Bilder des zweiten Stadiums entstehen, und folglich diese Bilder gar keinen Zusammenhang mit den Moser'schen haben, so fällt die Hypothese des Hrn. Knorr von selbst zusammen.

Was nun die Hypothese des Hrn. Fizeau betrifft, so behauptet dieser [2]), dafs eine flüchtige organische Sub-

1) *Comptes rendus*, *T. XVI*, *No.* 16, *p.* 850.
2) Poggendorff's Annal. Bd. LVIII S. 592. — *Comptes rendus.*

stanz, die an allen Körpern haftet, Ursache der Moser'schen Bilder sey. Diese Behauptung wird unterstützt von einem Versuche, in welchem auf einer, nach Daguerre's neustem Verfahren vollkommen polirten Platte kein Moser'sches Bild entstand. Dieser Versuch, der der Wiederholung zu bedürfen scheint, würde doch noch den Beweis von der Existenz der organischen Unreinigkeit zu führen übrig lassen. Jod auf einer Silberplatte condensirt, wird wohl diese organische Schmutzdecke nicht sogleich erhalten, dennoch erhält man mit sorgfältig polirten Gegenständen ein gutes Bild. Eine Platinplatte, die am Sauerstoffpol einer Kette gewesen war, nahm ein sehr gutes elektrisches Bild an; eine solche Platte ist aber absolut rein, und könnte nur beim Abtrocknen wieder von der organischen Unreinigkeit etwas aufnehmen. Auf Glas, einem so harten und leicht zu reinigenden Körper, erhält man, je sorgfältiger es polirt wird, um so schönere Bilder. Eine Glasplatte wurde in destillirtem Wasser erhitzt und dann das Wasser von ihr verdampft. Eben so wurde das abzubildende Object behandelt, und auf diese Weise beide sicher von der organischen Unreinigkeit befreit; nichts desto weniger erhielt ich ein vortreffliches elektrisches Bild.

Die Erklärung des Hrn. Fizeau weist uns allerdings darauf hin, mehr Acht auf die Adhäsions-Erscheinungen an den Platten zu haben, als diefs bisher geschehen ist. Eine Messingplatte, die eben, und eine solche, die eine Stunde vorher polirt ist, unterscheiden sich schon der Farbe nach bedeutend, die erstere ist vielleicht heller. Wäre indessen eine organische Verunreinigung Ursache der Bilder, so müfste auf der zweiten viel eher ein Bild entstehen, wie auf der ersten, während gerade das Umgekehrte der Fall ist. Allein ein Bild auf einer frisch polirten Platte tritt weniger deutlich durch die Dämpfe hervor, weil diese von der ganzen Platte schon in sehr fein zertheiltem Zustande condensirt werden, indes-

dessen ist das Bild viel schärfer begränzt. In sofern stimme ich mit Hrn. Fizeau überein, dafs auch ich behaupte, durch den (elektrischen) Procefs der Bildererzeugung werde irgendwie eine Reinigung oder Glättung oder dergl. m., kurz ein Zustand der Platte bewirkt, in welchem sie eine gröfsere Adhäsion zu Dämpfen und überhaupt eine gröfsere Reinheit in allen Wirkungen zeigt.

Dasselbe wäre bei den folgenden Versuchen der HH. Masson [1]) und Morren [2]) hinzuzufügen, welche ungefähr von derselben Idee ausgegangen zu seyn scheinen wie Hr. Fizeau. Hr. Masson legt eine Münze auf einen Harzkuchen, elektrisirt sie, und pulvert nach ihrer Entfernung mit Mennige und Schwefel, wodurch das Bild der Münze hervortritt. Hr. Morren bestreut eine Münze mit Tripel, und wischt diesen so weit fort, dafs er nur in den Vertiefungen der Münze zurückbleibt. Diese Münze legt er auf eine isolirende Substanz und elektrisirt sie, alsdann erscheint auf dem Isolator das Bild der Münze, indem der Staub abgestofsen wird. Dasselbe Experiment gelingt, wenn statt des Pulvers feiner Wasserdampf in den Vertiefungen der Münze haftet. Diese Versuche sind bekannt genug, ich habe solche Bilder oft gesehen, wenn ich Lichtenberg'sche Figuren auf dem Harzkuchen machte. Sie könnten aber zur Erklärung der Moser'schen Bilder nur dann beitragen, wenn man bei diesen einen elektrischen Procefs zugeben wollte. Dann aber läfst sich gegen diese Versuche dasselbe sagen wie gegen die Ansicht des Hrn. Fizeau, dafs nämlich die Existenz dieser freien Materie auf den Platten und Objecten erstens unerwiesen, zweitens zur Erzeugung der Bilder durchaus unnöthig ist. — Juli 1843.

1) *Comptes rendus, No.* 15, *T. XVI p.* 762.
2) *Ibid. T. XVI, No.* 19, *p.* 1098.

## II. *Untersuchung über das vom Prof. Moser zu Königsberg entdeckte dunkle Licht, und über die Erzeugung von Wärmebildern;*

*von Ernst Knorr,*
Professor ord. der Physik zu Kasan.

(*Bulletin de la classe phys. math. de l'acad. imp. de Sciences de St. Petersbourg, T. 1 p.* 261. — Gelesen in der gelehrten Gesellschaft zu Kasan am 7. Oct. 1842)[1]).

Um Hrn. Prof. Moser's Entdeckungen über das dunkle Licht und die Wirkung desselben auf alle Körper, welche wir hier als bekannt voraussetzen, so weit als solche im 6. und 8. Hefte von Poggendorff's Annalen der Physik, Jahrgang 1842, enthalten sind, einer Prüfung zu unterwerfen, schien es vor Allem nöthig das gegenseitige Abbilden der Körper auf einander zu versuchen, und hierauf zu erforschen, ob nicht Temperaturdifferenzen hierbei wirklich eine Rolle spielen müssen. Letztere Meinung verwirft bekanntlich Hr. Prof. Moser unbedingt.

Mit Beihülfe des Hrn. Studiosus Magsig, dessen Ausdauer und Umsicht bei diesen Arbeiten ich besonders hervorzuheben mich verpflichtet fühle, habe ich schon eine grofse Reihe von Versuchen angestellt, welche jedoch bis jetzt Hrn. Prof. Moser's Ansicht, dafs solche Bilder dem unsichtbaren Lichte, welches von den Körpern ausströmen soll, und nicht der Wärme, zuzuschreiben seyen, nicht ganz günstig sind.

Was zunächst das Abbilden zweier Körper auf einander betrifft, so haben wir Hrn. Prof. Moser's Entdeckungen durch unsere Versuche vollkommen bestätigt gefunden. Wir haben Gold-, Silber- und Kupfermün-

1) Es ist diefs die im Bd. LVIII S. 320 bereits angekündigte Abhandlung. P.

zen, geschnittenen Stahl, gravirte Kupferplatten, Glas mit matt eingeschliffenen Buchstaben, geschnittenen Topas, Jaspis, Kork, Papier, Glimmer u. s. w. auf Silber, Kupfer, Messing, Glimmer, Glas und Quecksilber sich abbilden lassen, und stets mit gutem Erfolge, wenn nicht besondere Umstände eintraten, von denen in der Folge die Rede seyn wird.

Hierbei haben wir im Ganzen stets das von Hrn. Moser angegebene Verfahren beobachtet. Man darf jedoch auf diese Weise keineswegs erwarten Bilder zu erhalten, welche den Daguerre'schen Lichtbildern an Vollkommenheit des Details gleichkommen; denn in diesen, nach Moser's Ansicht, durch das dunkle Licht hervorgebrachten Bildern sind es hauptsächlich nur die Ränder der erhabenen oder vertieften Theile, welche sich scharf darstellen, so dafs innere Details der Zeichnung verloren gehen, besonders bei tief geschnittenen Petschaften oder Platten; ist der Schnitt sehr scharf, so bilden sich jedoch auch die inneren Einzelnheiten zuweilen recht gut ab. Hierbei müssen wir jedoch bemerken, dafs nicht jedes Bild gleich leicht sichtbar ist, wenn es auch sonst sehr scharf sich ausgebildet hat; manche erscheinen schon bei dem ersten Hauch deutlich erkennbar, bei anderen gehört schon eine gewisse Uebung dazu, um sie zu entdecken, was sehr oft seinen Grund in der Spiegelung auf der Oberfläche hat, wo sich das Bild befindet, wefshalb bei Aufsuchung desselben die Stellung der Oberfläche gegen das Auge nicht gleichgültig ist.

Wenn es nur darum zu thun ist, Bilder durch das dunkle Licht zu erhalten, so ist bei dem erwähnten Verfahren keine erhebliche Sorgfalt nöthig; werden aber die Versuche in der Absicht gemacht, die Ursachen und Gesetze der Entstehung solcher Bilder und der sich dabei zeigenden besonderen Erscheinungen zu ergründen, so ist dabei viele Vorsicht nöthig, um nicht in irrthümliche Schlüsse zu verfallen, von denen auch wir vielleicht im

Folgenden nicht ganz frei seyn mögen, obgleich unsere Schlüsse sich auf eine sehr bedeutende Anzahl der sorgfältigsten Versuche stützen. Vor Allem ist bei solchen Versuchen auf die gröfste Reinheit der Oberfläche des abzubildenden Körpers sowohl, als auch derjenigen Fläche zu sehen, auf welcher das Bild entstehen soll, und jedes Anhaften von Feuchtigkeit oder irgend einer Fettigkeit möglichst zu vermeiden. Um die Wichtigkeit dieser Bemerkung mehr hervortreten zu lassen, wollen wir hier einiger Versuche erwähnen, die theilweise schon vor Moser's und unsern Versuchen bekannt waren, von denen Moser ebenfalls spricht, die er jedoch weniger zu beachten scheint, als sie es verdienen dürften, obgleich sie ihn, seiner eigenen Darstellung nach, zur Entdeckung der dunkeln Lichtbilder führten. Man nehme einen Körper mit möglichst ebener Oberfläche, am besten eine polirte Glastafel oder eine polirte Metallplatte, und hauche dieselbe an, oder lasse überhaupt Wasserdämpfe auf dieselbe condensiren, und schreibe in die Feuchtigkeit mit einem Pinsel oder auf andere Weise. Mit dem Verschwinden der Feuchtigkeit von der Platte, verliert sich auch das darauf Gezeichnete, doch kann man diefs sogleich wieder sichtbar machen, wenn man die Platte auf's Neue anhaucht oder Dämpfe darauf condensiren läfst. Ganz dasselbe zeigt sich, wenn man, anstatt in die Feuchtigkeit zu schreiben, einen Körper, z. B. ein Petschaft, darin abdrückt. Man kann aber auch den abzubildenden Körper behauchen und ihn noch feucht auf die Platte setzen, und ihn so gewissermafsen auf derselben abdrukken; einige Augenblicke Berührung reichen hin, um auf diese Weise ein Bild zu erhalten, was bei jedem neuen Hauche sichtbar wird, und sich häufig schön und zart zeigt. Solche durch Hülfe der Feuchtigkeit entstandene Bilder halten sich viele Tage lang und sind durch einfaches Abwischen der Platten nicht leicht zu entfernen; besonders fest halten sie auf Glas, denn man kann eine

Glastafel, worauf sich ein solches Bild befindet, mehrfach mit Baumwolle, Leinwand, Tuch oder Leder abreiben, und doch erscheint bei einem neuen Hauche das Bild wieder, wenn auch etwas verwischt.

Hierauf wenden wir uns zu den Versuchen über den Einflufs der Temperaturdifferenz auf die schon besprochenen Erscheinungen. Diese Versuche sind schon sehr zahlreich: sie wurden auf Silber, Kupfer, Messing, Stahl und Glimmer angestellt; als abzubildende Körper wurden fast ausschliefslich zu gleicher Zeit und unter gleichen Umständen zwei Petschafte gebraucht, deren eins aus Stahl, das andere aus Jaspis ist. Die Resultate, welche wir bis jetzt erhalten haben, sind nun folgende:

1) Durch Vergröfserung der Temperaturdifferenz zwischen der Platte und dem abzubildenden Körper wird die Zeit, die zur Abbildung nöthig ist, verkürzt. Beträgt die Temperaturdifferenz 50° R., so sind 3 bis 5 Secunden hinreichend, um ein vollkommen deutliches Bild zu erhalten. Bei dieser Temperaturdifferenz wurden Bilder erhalten, wenn beide Körper nicht mehr als eine halbe Secunde mit einander in Berührung waren.

2) Es zeigt sich im Wesentlichen gleich, ob der abzubildende Körper oder die Platte erwärmt wurde.

Der erstere dieser Sätze ist das Ergebnifs einiger grofsen Reihen von Versuchen, die zunächst auf folgende Weise angestellt wurden: Ein hohes cylindrisches Gefäfs von verzinntem Eisenblech, welches so geschlossen werden konnte, dafs die Dämpfe nur durch ein Seitenrohr ausweichen konnten, wurde bis zu $\frac{1}{3}$ seiner Höhe mit Wasser gefüllt und dieses über einer Spirituslampe im Sieden erhalten. Die obere Fläche des Gefäfses, die stets möglichst rein erhalten wurde, diente zur Erwärmung der abzubildenden Körper; ein Thermometer mit Messingskale, welches auf dem Gefäfs lag, zeigte 59° R.; die Platten, auf welchen die Bilder erhalten wurden, lagen auf Gläsern, die zur Hälfte mit Schnee gefüllt waren,

und hatten beiläufig eine Temperatur von 9° R.; der Thaupunkt für die umgebende Luft lag einige Grade tiefer. Bei einigen andern Versuchsreihen wurden die abzubildenden Körper auf einer Kupferplatte erwärmt; die Resultate blieben den vorigen gleich.

Die Versuche, aus welchen der Satz No. 2 gefolgert wurde, sind auf ähnliche Weise wie die vorigen angestellt, jedoch weniger zahlreich. Was die Bildung positiver oder negativer Bilder anbetrifft, so nehmen wir diefs hier nicht in Betracht.

3) Durch Erhöhung der Temperaturdifferenz kann man dahin gelangen, Bilder zu erhalten, die ohne Condensirung von Dämpfen sichtbar sind.

Solcher unmittelbar sichtbarer Bilder von Stahl und Jaspis auf Silber, Kupfer und Messing haben wir wenigstens einige sechszig erhalten, selbst auf Glimmer sind einige vorgekommen. Diese Bilder übertrafen an Schönheit oft sogar diejenigen, welche durch Condensirung von Dämpfen sichtbar gemacht werden mufsten. Ein ausgezackter Ring von Eisenblech bildete sich selbst auf unpolirte Kupferplatten sehr deutlich ab.

4) Es scheint, dafs diese unmittelbar sichtbaren Bilder durch Einwirkung des Tageslichts eine allmälige Schwächung erleiden; haben sie ganz aufgehört unmittelbar sichtbar zu seyn, so kann man ihr Vorhandenseyn doch noch auf dieselbe Weise erkennen, wie das solcher Bilder, welche schon anfänglich nicht unmittelbar sichtbar wurden.

Die Einwirkung des Tageslichts auf solche Bilder zeigte sich besonders wirksam auf Silberflächen; bei Kupfer und Messing erschien sie ungleich schwächer. Ein Verschwinden der Bilder wurde nur bei Silber beobachtet. Die Versuche haben wegen der fortwährend trüben Witterung nur bei sehr schwachem Tageslicht angestellt werden können; es ist daher wohl möglich, dafs noch andere Einflüsse stattfanden, und ist dieser Satz noch schärfer zu prüfen.

5) Dasselbe Schwächerwerden und Verschwinden eines unmittelbar sichtbaren Bildes, was das Tageslicht zu bewirken scheint, bringt eine starke Erhitzung schneller und eben so vollkommen hervor.

Dieser Satz ist das Resultat mehrerer Versuche mit Bildern auf Silber, Kupfer und Messing; die Bilder verschwanden, wenn die Platten bald nach der Erzeugung des Bildes stark erhitzt wurden. Es ist noch zu untersuchen, wie sich diese Bilder verhalten, wenn die Platten längere Zeit im Dunkeln oder im schwachen Tageslicht gelegen haben.

6) Um ein unmittelbar sichtbares Bild zu erhalten, ist es nicht nöthig, dafs beide Körper sich in unmittelbarer Berührung befinden.

Es wurden schmale Glimmerblättchen zwischen die Platte und die abzubildenden Körper gelegt, und auf diese Weise ebenfalls unmittelbar sichtbare Bilder erhalten.

7) Bei den unmittelbar sichtbaren Bildern, welche in 8 bis 15 Secunden erhalten wurden, zeigte sich die Oberfläche der Silber- und Kupferplatte gewöhnlich an denjenigen Stellen verändert, wo der abzubildende Körper vertieft war.

Es ist zu bemerken, dafs ich auf Kupfer mehrere Bilder erhielt, wo sich die Oberfläche an denjenigen Stellen verändert zeigte, die mit dem erhitzten Körper in Berührung waren; Hr. Magsig erhielt mehrere solcher Bilder auf Silber; dieselben ergaben sich besonders dann, wenn der erhitzte Körper länger als die angegebene Zeit hindurch auf der Platte gelassen wurde. Da wir letztere Bilder bis jetzt nur ausnahmsweise erhielten, so wollen wir sie vorläufig negative unmittelbar sichtbare Bilder nennen. Bei den positiven unmittelbar sichtbaren Bildern zeigten sich auf Silber die veränderten Stellen weifsgrau, auf Kupfer rothgelb, auf Messing in das Weifsgraue spielend. Bei den negativen Bildern waren die veränderten Stellen überhaupt dunkler geworden.

8) Es scheint als dürfe der Körper, welcher sich auf einer Silber- oder Kupferplatte unmittelbar sichtbar in 8 bis 15 Secunden abbilden soll, nicht bis zu der Temperatur erhitzt werden, bei welcher Stahl anfängt die gelbe Farbe anzunehmen, um ein gutes Bild zu erhalten. Die Temperatur, welche hierzu am geeignetsten ist, liegt zwischen der angegebenen und der des siedenden Wassers.

Von einem Stahlstempel, der sich sonst besonders leicht und schön abbildete, konnte nie ein unmittelbar sichtbares Bild erhalten werden, wenn man ihn auf einer heifsen Kupferplatte so weit erhitzte, dafs er einen gelben Anflug zeigte, und ihn dann auf eine kalte Silber-, Kupfer- oder Messingplatte setzte; eben so wenig gelang dieses je mit einem Jaspispetschaft unter gleichen Umständen als für den Stahlstempel. Da wir aus mehreren Versuchsreihen schliefsen mufsten, dafs zu starke Hitze der Erzeugung unmittelbar sichtbarer Bilder nachtheilig sey, so wurde eine Versuchsreihe auf folgende Weise gemacht. Auf die zur Erhitzung dienende Kupferplatte wurde das früher erwähnte, mit Wasser gefüllte Blechgefäfs gesetzt, und die Platte so erwärmt, dafs das Wasser längere Zeit die Temperatur von 75° R. behielt; das Maximum der Temperatur, welches ein mit der Platte und dem Gefäfse in Berührung befindliches Thermometer zeigte, war 130° R. Stahl und Jaspis unter diesen Umständen auf der Kupferplatte erhitzt, gaben auf Kupfer und Silber schöne sichtbare Bilder, und zwar Jaspis schon bei viel niedrigeren Temperaturen als Stahl.

Ich mache jedoch besonders darauf aufmerksam, dafs unpolirte Kupferplatten, die auf einem gezackten eisernen Ringe lagen, und mit demselben langsam erhitzt, aber auch wieder langsam bis zur gewöhnlichen Temperatur des Zimmers erkältet wurden, sehr deutliche unmittelbar sichtbare Bilder des Ringes zeigten. Diese Erscheinung cheint jedoch darin ihren Grund zu haben, dafs an den

Stellen, wo die Kupferplatte auf dem Eisen lag, ihre Oxydation nicht so frei vor sich gehen konnte als an den andern, und ich finde darin nichts dem Obigen Widersprechendes.

9) Zur Hervorbringung eines unmittelbar sichtbaren Bildes scheint möglichste Reinheit der Oberfläche, wenn nicht unumgänglich nöthig, doch wenigstens besonders günstig.

Wir haben auf Silber unmittelbar sichtbare Bilder erhalten; die Platten mochten mit Oel oder mit verdünnter Salpetersäure geschliffen seyn, es zeigte sich aber nie ein solches Bild, wenn die Platten nicht so viel als möglich vom Oel gereinigt waren. Auch die Stahl- und Jaspisflächen mufsten möglichst rein seyn. Drückt man ein Petschaft in Siegellack ab, und setzt es dann auf eine Silber- oder Kupferplatte, so erhält man leicht ein sichtbares Bild; von solchen Bildern sprechen wir hier nicht.

10) Unmittelbar sichtbare Bilder, von Stahl auf Silber erhalten, in Quecksilberdämpfe gebracht, condensirten die Dämpfe langsamer und schwächer an denjenigen Stellen, wo sich die Silberfläche durch Einwirkung des Stahls verändert zeigte.

Vier solcher Bilder, von Stahl auf Silber erhalten, zeigten in Quecksilberdämpfen sogar das Eigenthümliche, dafs die anfänglich veränderten Stellen allmälig wieder das ursprüngliche Aussehen der Silberfläche annahmen, währenddefs sich die Dämpfe an den anfänglich unveränderten Stellen niederschlugen. Bilder auf Kupfer mit Joddämpfen behandelt, liefsen nicht deutlich erkennen, an welchen Stellen die Condensirung am stärksten war.

11) Es scheint als wenn durch öftere starke Erwärmung und Erkältung mit Silber plattirter Kupferplatten, oder auch reiner Kupfer- oder Messingplatten, die oberflächliche Schicht derselben, wenn auch nur bis auf eine geringe Tiefe, dergestalt verändert wird, dafs sie die Eigenschaft verliert, unmittelbar sichtbare Bilder auf die

oben bezeichnete Weise zu geben; auch die Oberfläche des abzubildenden Körpers scheint solche Einwirkungen erleiden zu können, dafs sie die Eigenschaft, unmittelbar sichtbare Bilder auf Kupfer oder Messing hervorzubringen, verliert.

Den ersten Theil dieses Satzes glauben wir daraus folgern zu müssen, dafs wenn mehrere solcher Bilder nach einander auf derselben Platte hervorgebracht wurden, die letzten stets schlechter gelangen, und dafs auf mehreren Platten, die schon vielfach zu solchen Versuchen gebraucht und wieder abgeschliffen worden waren, jedoch nur so viel als zur Vernichtung der Bilder nöthig war, zuletzt doch, aller Sorgfalt ungeachtet, keine solche Bilder mehr erhalten werden konnten. Einige solcher Platten wurden später stark mit Kohle abgeschliffen, und die Bilder gelangen dann auf's Neue. Was den zweiten Theil anbetrifft, so wird derselbe dadurch sehr wahrscheinlich, dafs mit dem Stahlpetschaft durchaus kein unmittelbar sichtbares Bild gelang, wenn der Stahl gelb oder blau angelaufen war; wurde die Stahlfläche aber von dem farbigen Anfluge gereinigt, so gelangen die Bilder auf's Neue.

12) Bedeutende Temperaturdifferenzen bringen in sehr kurzer Zeit eben so gut Abbildungen hervor als geringe in längerer Zeit; läfst man aber stark erhitzte Körper auf dünnen, anfänglich kalten Metallplatten langsam abkühlen, so entstehen meistens nur unbestimmte und schwer erkennbare Bilder, besonders wenn die Körper nicht so lange in Berührung sind, dafs ihre Temperatur bis zu der der Umgebung herabfällt. Stahl, bis zur kirschrothen Farbe erhitzt, gab, wenn er eine halbe Secunde lang mit Silber in Berührung blieb, nur ein sehr unbestimmtes Bild; dauerte die Berührung einige Minuten, so erschien die Abbildung überhaupt sehr zweifelhaft, wie auch in einigen anderen Fällen. Wurde die Platte und der abzubildende Körper neben einander möglichst

gleichmäfsig erhitzt, dann beide heifs auf einander gesetzt, so erhielten wir selbst in einigen Minuten kein eigentliches Bild, höchstens war die Stelle zu erkennen, wo der Körper auf der Platte gestanden hatte.

13) Die Erscheinungen, welche sich zeigen, wenn man gute und schlechte Wärmeleiter sich unter möglichst gleichen Umständen auf Kupfer oder Silber abbilden läfst, sind nicht immer vollkommen gleich.

Liefsen wir Stahl und Jaspis, erwärmt oder nicht, auf Silber nicht unmittelbar sichtbar abbilden, und brachten hierauf die Platte in Quecksilberdämpfe, so setzten sich die Dämpfe stets bei dem Bilde von Jaspis dort zuerst an, wo sich die vertieften Stellen befanden, bei dem Bilde von Stahl fand in der Regel das Umgekehrte statt. Jaspis bildete sich leichter unmittelbar sichtbar ab, wenn er nicht so stark erhitzt war als Stahl. Ein Unterschied zwischen dem Verhalten guter und schlechter Wärmeleiter scheint sich auch aus folgenden Versuchen zu ergeben, die bis jetzt zwar nur neun Mal, sechs Mal auf Kupfer, zwei Mal auf Silber und ein Mal auf Messing, wiederholt wurden, jedoch mit vollkommen gleichem Erfolg. Ein Stahlpetschaft, zwei Platinmünzen, ein Jaspispetschaft und ein Glas, auf welchem die Worte »Tara $1378\frac{3}{4}$ Gran» matt eingeschliffen waren, wurden bei gewöhnlicher Temperatur des Zimmers auf die Platten gesetzt, hierauf zusammen langsam bis ungefähr zu 60° R. erwärmt, einige Minuten bei dieser Temperatur erhalten, und dann wieder langsam bis zur ersten Temperatur abgekühlt. Der Erfolg war, dafs die guten Wärmeleiter ziemlich schlechte Bilder gegeben hatten, die nur durch Condensirung von Dämpfen gut sichtbar wurden; Jaspis und Glas hatten schöne unmittelbar sichtbare Bilder gegeben, so dafs die auf dem Glase gravirten Worte und Zahlen vollkommen sichtbar waren.

14) Bei der constanten Temperatur 0° R., sowohl der Platte als der abzubildenden Körper, geschieht die

Abbildung nur schwierig, und erscheint uns sogar zweifelhaft.

Die Versuche wurden in einem Calorimeter angestellt, nachdem wir auf andere Weise schon mehr als 300 Bilder erhalten hatten, und daher schon zu einer ziemlichen Uebung im Auffinden vorhandener Bilder gelangt waren. Es wurden die besten Platten gewählt und besondere Sorgfalt auf ihre Politur verwendet. Die abzubildenden Körper waren solche, die uns bei allen früheren Versuchen besonders gute Dienste leisteten. Zur Sichtbarmachung der Bilder wurden warme und kalte Quecksilberdämpfe [1]) und Joddämpfe angewendet. Die Versuche konnten nur in einem Raume angestellt werden, in welchem der Thaupunkt für die Luft aufserhalb des Calorimeters bei +0°,2 R. lag (nach Psychrometerbeobachtungen); es ist daher wohl möglich, dafs die Feuchtigkeit bei diesen Versuchen einigen Einflufs ausgeübt hat, ungeachtet bei dem Einlegen der Platten und dem Aufsetzen der Körper eine Lufterneuerung im Calorimeter so viel als möglich vermieden wurde. Um den möglichen Einflufs der Feuchtigkeit ganz zu verbannen, hätte ein besonderer Apparat construirt werden müssen, was sich nicht thun liefs; auch berechtigen uns einige besondere Versuche zu schliefsen, dafs Feuchtigkeit bei diesen Versuchen zur Erlangung von Bildern eher vortheilhaft als nachtheilig hätte wirken sollen. Wir haben Bilder durch Glimmerplatten *hindurch* erhalten, warum

1) Ich bemerke hier, dafs ich die Methode, kalte Quecksilberdämpfe zur Daguerreotypie anzuwenden, zuerst im September 1840 bei Prof. Steinheil in München kennen lernte, und seit der Zeit oft angewendet habe; die Platten werden horizontal in eine Blechbüchse gelegt, deren Kupferboden mit Quecksilber amalgamirt ist. Für die heifsen Dämpfe bediene ich mich in der Regel eines Apparats von Soleil in Paris, wo die Dämpfe durch Erhitzung einer amalgamirten Silberplatte entwickelt werden. Mein Jodirapparat hat die von Séguier angegebene Construction, die ich wenigstens für eben so gut halte, als die von Prof. Moers vorgeschlagene.

hätte das dunkle Licht nicht durch eine äufserst dünne Schicht von Feuchtigkeit hindurch wirken und Bilder erzeugen können? Wir weisen auch dieserhalb zurück auf das, was eben über die Wirkung der Feuchtigkeit bemerkt wurde.

Die Platten wurden in der Regel zwei Stunden im Calorimeter gelassen, um zunächst die Temperatur 0° R. anzunehmen, dann blieben sie gewöhnlich noch zwei Stunden mit den abzubildenden Körpern im Calorimeter in Berührung, doch wurden auch einige Versuche gemacht, wo die Berührung 8 bis 9 Stunden dauerte; die Resultate waren dieselben. Die abzubildenden Körper wurden nur zwei Mal aus dem Calorimeter genommen, um sie abtrocknen zu lassen, weil namentlich Glas und Jaspis etwas feucht geworden zu seyn schienen. Die Resultate, welche wir erhielten, sind nun folgende:

Ein Stahlstempel hätte auf zehn verschiedenen Platten zehn Bilder geben sollen; es zeigte sich keins.

Eine gravirte Kupferplatte hätte auf drei verschiedenen Platten drei Bilder geben sollen; es zeigte sich keins.

Ein Jaspispetschaft hätte auf zehn verschiedenen Platten zehn Bilder geben sollen; es zeigten sich nur zwei, die aber unverkennbar durch Feuchtigkeit gebildet waren.

Das Glas mit der oben erwähnten Aufschrift hätte auf zehn Platten zehn Bilder geben sollen; es zeigten sich zwei, die jedoch nur zweifelhaft waren und schwer sichtbar wurden.

Was letztere Bilder betrifft, so wurde schon bei dem Herausnehmen der Platte aus dem Calorimeter bemerkt, dafs das Glas sich feucht anfühlte, doch glaubte ich nicht die Entstehung dieser Bilder der Feuchtigkeit zuschreiben zu dürfen, weil sie sich sehr scharf begränzt zeigten; indessen ist es mir gelungen mit demselben Glase durch Hülfe von Feuchtigkeit einen Abdruck zu erlangen, wo die angegebene Inschrift vollkommen eben so

scharf und weit deutlicher erkennbar war als die im Calorimeter erhaltene; ein zweites solches Bild zeigte, wegen Ungleichheit der Platte, die Inschrift nicht ganz, was sich aber gebildet hatte, war schöner als die Bilder aus dem Calorimeter.

Wenn sich aber auch noch zeigen sollte, dafs unsere Versuche im Calorimeter in Folge irgend welcher Umstände unrichtig wurden, wenn sich auch mit vollkommener Sicherheit ergeben sollte, dafs bei ganz gleichen constanten Temperaturen wirklich Bilder entstehen, so wäre dieses noch immer kein Beweis für die Nothwendigkeit der Annahme eines dunklen Lichts in Prof. Moser's Sinne, indem man diese Erscheinung eben so gut als einen Beweis der Hypothese Prevost's, über das bewegliche Gleichgewicht der Wärme, würde ansehen können. Defshalb sind wir auch keineswegs der Meinung, dafs bei vollkommen gleichen und constanten Temperaturen sich keine Bilder erzeugen werden, sondern halten nur dafür, dafs unter solchen Umständen eine weit längere und von der Temperatur selbst abhängige Zeit zur Erzeugung eines Bildes erforderlich ist, als in anderen Fällen. Dafs sich auch bei Temperaturen unter 0° bis —4° R. Bilder erzeugen können, dafür spricht ein vollkommen gelungener Versuch; die Körper hatten dabei aber gegen 20 Stunden aufeinandergelegen.

Unsere Arbeiten über diesen Gegenstand sind noch nicht geschlossen, und wir können uns noch nicht darüber bestimmt aussprechen, ob wir der Annahme Prof. Moser's wegen des dunkeln Lichts beistimmen oder nicht; so viel aber geht aus unseren Versuchen unzweifelhaft hervor, dafs bei der Abbildung zweier Körper auf einander die Wärme einen bedeutenden Einflufs auszuüben vermag.

---

## Nachtrag.

(Geschrieben am 26. November.)

Was oben, Punkt 4, von der Einwirkung des Tageslichts auf die unmittelbar sichtbaren Bilder gesagt ist, hat wegen der noch immer fortwährenden trüben Witterung bis jetzt noch nicht gründlich geprüft werden können, doch sprachen einige Beobachtungen dafür, dafs der Satz keine Anwendung hat auf solche Bilder, die nach ihrer Verfertigung einige Tage im Dunkeln aufbewahrt worden sind. Das Schwächerwerden und Verschwinden der Bilder ist zwar mehrfach beobachtet worden, jedoch nur bei neuverfertigten, welche entweder gar nicht, oder doch nur einige Stunden im Dunkeln aufbewahrt worden waren. Es ist daher wohl möglich, dafs hier nicht das Tageslicht, sondern irgend ein anderer noch unbekannter Umstand die Ursache der Erscheinung war.

In Bezug auf Punkt 5 ist zu bemerken, dafs sich derselbe durch mehrere neuere Versuche bestätigt gefunden hat, es darf jedoch die Erhitzung nicht zu weit getrieben werden, denn in diesem Falle zeigte sich zuweilen, dafs das Bild wieder sichtbar wurde. Einige solcher Bilder auf einer mit Silber plattirten Kupferplatte gingen sogar in negative über und blieben dann unveränderlich. Es ist mir auch gelungen einige nicht unmittelbar sichtbare Bilder durch allmälige Erhitzung der Platte ganz verschwinden zu machen, und zwar gelang diefs leichter mit solchen, die bei geringen Temperaturdifferenzen erhalten wurden, als mit andern, die mit Hülfe hoher Temperaturen verfertigt waren; letztere liefsen immer Spuren zurück, welche freilich oft nur für denjenigen erkennbar waren, welcher wufste, dafs an dieser Stelle der Platte ein Bild gewesen war.

Das Verfahren, welches in der Anmerkung zu 13) angeben wird, um unmittelbar sichtbare Bilder zu erhalten, zeigte sich, wie dort gesagt ist, nur vortheilhaft für

schlechtere Wärmeleiter, obgleich auch gute Wärmeleiter auf diese Weise schon Bilder gaben, so blieb doch noch zu untersuchen, ob nicht von diesen durch Erhöhung der Temperatur bessere Bilder zu erhalten wären. Diefs hat sich denn auch so gezeigt, und wir sind hierdurch zu einem Verfahren gekommen, welches vielleicht eine solche Ausbildung wird erhalten können, dafs man mit Sicherheit stets eine Abbildung erhalten kann, wenn nur der abzubildende Körper eine Temperatur verträgt, die höher als die des siedenden Wassers ist, und niedriger als diejenige, bei welcher Stahl die gelbe Färbung anzunehmen beginnt. Wir verfuhren zur Erlangung solcher Wärmebilder auf folgende Weise: Ueber der Flamme einer Berzelius'schen Weingeistlampe wurde eine dünne Kupferplatte von ungefähr 20 Quadratzoll Gröfse gelegt; auf diese kamen die Platten, worauf das Bild entstehen sollte, welche bei unseren Versuchen 5 Quadratzoll Gröfse hatten, und auf diese die abzubildenden Körper. Letztere waren gewöhnlich der oben erwähnte Stahlstempel, das Jaspispetschaft, ein kleines Stahlpetschaft, sorgfältig gereinigte Platinmünzen und zwei verschieden gravirte Kupferplatten. Hierauf wurde das Ganze nicht zu schnell erhitzt, bis zu der Temperatur, wo eine gut polirte Kupferplatte eine bemerkbare Veränderung ihrer Farbe zeigt. Hierauf wurde die Lampe verlöscht und die Körper von der Platte genommen. Auf diese hat besonders mein Gehülfe, Hr. Stud. Magsig, bei diesen Versuchen eine ziemliche Anzahl Bilder erhalten, die besonders auf Kupferplatten oft so schön waren, dafs es mir leid that dieselben vernichten zu müssen, um die Platten zu neuen Versuchen anzuwenden. Die Dicke der Platten war gewöhnlich ein Sechstel Linie, doch sind auch Platten von der Dicke einer halben Linie mit gleichem Erfolg angewendet worden. Die Dauer der Erhitzung war im Mittel 8 bis 10 Minuten, die geringste 3, die gröfste 15 Minuten. Es war übrigens gleich, ob die Erwärmung durch die

die Platte zum abzubildenden Körper oder umgekehrt vor sich ging, wenn nur die gehörige Hitze erreicht wurde. Vorzugsweise wurden Kupferplatten angewendet, doch haben wir auch mehrere gelungene Bilder auf mit Silber plattirtem Kupfer und auf Messing erhalten. Ich hatte nur eine einzige sehr schlecht polirte Stahlplatte, auf welcher ich jedoch ein ganz leidliches Bild des Stahlstempels erhielt. Am schönsten zeigten sich besonders diese *Wärmebilder*, denn so glaube ich dieselben mit Recht nennen zu dürfen, auf Kupferplatten, wo Farbenspiele hervortraten, die höchst interessant sind, und welche wir durch einfache Erhitzung polirter Kupferplatten nicht erhalten konnten; diese verdienen wohl besonders von einem Chemiker genauer untersucht zu werden. In wiefern bei diesem Farbenspiele elektrische Thätigkeit etwa im Spiele seyn mag, darüber hoffe ich mit der Zeit noch selbst einige Untersuchungen anzustellen, wenn ich mir die dazu nöthigen Hülfsmittel verschaffen kann. Ich will in dieser Beziehung hier nur Einiges erwähnen. Eine Kupferplatte, auf welcher einige Worte gravirt waren, wurde auf eine andere sorgfältig polirte Kupferplatte gelegt und beide ungefähr bis zu 130° R. erhitzt. Es hatten sich auch die feinsten Züge der Schrift abgebildet. Der Grund des Bildes war rothgelb. Die Schriftzüge licht gelbgrau.

Bei einem andern Bilde war der Grund ein schönes Roth mit einem schwachen violetten Schein, die Buchstaben dagegen gelb.

Ein drittes Bild hatte eine dunkelrothe Farbe, die stärker in das Violette spielte; die Buchstaben waren roth.

Ein viertes hatte silbergrauen Grund; die Buchstaben waren roth.

Auf eine Kupferplatte waren Stahlstempel und Jaspispetschaft zugleich aufgestellt und zugleich abgenommen worden. Der Stahlstempel hatte eigentlich ein negatives Bild gegeben, denn die vertieften Stellen hatten fast ganz

die Farbe der Platte, die im matten reflectirten Tageslicht sich schön rothgelblich zeigte; der Grund des Stempels war blau und das ganze Bild aufserhalb der Gränze des Stempels mit einem braunrothen Ring umgeben, der sich allmälig mit gelblicher Farbe verlor und eine Breite von einer Viertel-Linie hatte. Das Petschaft hatte ein ähnliches, jedoch schwächeres Farbenspiel bewirkt, der Grund war bläulich, die Buchstaben aber fahlgelb; auch hier fehlte ein dunkler sich allmälig verlierender Ring aufserhalb der Gränze des Petschafts nicht, der aber eine bläuliche Farbe hatte. Diesen eigenthümlichen Ring als Umgränzung des abgebildeten Körpers haben wir stets erscheinen sehen, in allen Fällen, wenn der Körper kleiner war als die Platte, auf welcher er abgebildet wurde; die Farbe desselben war jedoch sehr verschieden auf verschiedenen Platten. Noch müssen wir hier einen schönen Farbenwechsel erwähnen, den wir auf folgende Weise erhielten: Der mit seiner oberen Messingfassung 1¼ Zoll lange Stahlstempel wurde mit dem Messing unten auf die Kupferplatte der Lampe gesetzt, hierauf auf die jetzt oben befindliche Stahlfläche eine polirte Kupferplatte gelegt und so etwa 15 Minuten lang erhitzt. Die Kupferplatte hatte einen weifslichen Schein angenommen, und der Stempel hatte sich als röthlicher Kreis abgebildet; die inneren Details waren kaum erkennbar negativ. Hierauf wurde die Platte mit dem Bilde auf der Kupferplatte der Lampe erhitzt. Während die Platte selbst erst wieder kupferroth wurde und dann nur diejenigen Farbenänderungen zeigte, die man an jeder andern polirten Kupferplatte ohne Bilder bemerkt haben würde, wurde das Bild des Stempels erst dunkelroth, dann bildete sich ein sehr schmaler dunkelgrauer, fast schwarzer Strich, welcher das Bild rund begränzte; hierauf nahm ein kleiner Fleck ziemlich in der Mitte des Bildes eine schöne bläulichgrüne Farbe an, welche sich allmälig genau bis an die dunkle Linie gleichmäfsig verbreitete. Diese Farbe veränderte sich

ziemlich schnell in ein Rothgelb, was auf der einen Seite mit runder Begränzung ein wenig über die frühere Gränze des Bildes hinausging und sich dann nicht weiter veränderte.

Die zur Abbildung angewandten gravirten Kupferplatten waren etwas krumm, und um den Abstand zwischen ihnen und der Platte, worauf das Bild entstehen sollte, zu vermindern, waren wir oft genöthigt Bleistücke aufzulegen; zur innigen Berührung brachten wir auf diese Weise die Platten eigentlich nie. Den Abstand zwischen beiden Platten schätzte ich öfter auf etwas mehr als eine Viertel-Linie, dann zeigte sich aber auch gewöhnlich ein verwischtes Bild, in welchem man jedoch im schwach reflectirten Lichte selbst die feinen Buchstaben fast immer noch ziemlich deutlich erkennen konnte. Mehrmals zeigten sich auch die Bilder so, dafs die vertieft gravirten Stellen sich mit gleicher Farbe wie der Grund abgebildet hatten, und sie schieden sich dann nur dadurch ab, dafs die Ränder derselben nach aufsen hin mit anders gefärbten Streifen eingefafst waren. Die Streifen zeigten sich nie vollkommen scharf begränzt, sondern verloren sich stets allmälig, zuweilen auf den Kupferplatten mit eigenthümlichem Farbenspiel. Ueberhaupt mufs ich hier nochmals auf das zurückkommen, was schon oben über die vorzugsweise Abbildung der Ränder bemerkt wurde. Diese trat bei vielen Versuchen besonders deutlich hervor, mochten diese nun bei niedrigen oder bei hohen Temperaturen angestellt werden. Rund vertiefte oder wellenförmige Flächen, die in Daguerre'schen Lichtbildern sehr schön zu erkennen sind, stellten sich bei unsern Versuchen nie dar; nur die Ränder bildeten sich ab und das Bild erschien stets flach. Besonders deutlich zeigte diefs ein Wappen in Topas geschnitten, um welches ein breites Ordensband dargestellt war; wir erhielten hiervon mehrere schöne Bilder durch Condensirung von Quecksilberdämpfen auf Silberplatten, je-

doch stets nur die Ränder, ohne dafs das Wellenförmige des Bandes im Bilde zu erkennen gewesen wäre. Auffallend zeigte sich noch dasselbe bei einer der gravirten Kupferplatten, auf welcher in einigen Stellen schmale wellenförmige Vertiefungen eingeschlagen waren, um einige Buchstaben zu vernichten; letztere waren aber durch zurückgebliebene schmale Risse noch zu erkennen, in den Bildern zeigten sich daher wohl die Buchstaben, aber nie die Vertiefungen, so lange als ihr Wärmestrahlungsvermögen mit dem der Grundfläche einerlei war. Wurde aber die Grundfläche gereinigt, nachdem sie oxydirt worden war die Vertiefungen dagegen nicht, so bildeten sich auch diese ab. Waren bei vertieften Gegenständen die Ränder weit von einander, der vertiefte Grund aber mit der Grundfläche von gleichem Aussehen, so bildeten sich oft, sowohl bei unmittelbar sichtbaren Bildern, als bei solchen, die erst durch Dämpfe sichtbar gemacht wurden, oben nur die Ränder als schmale Streifen ab, die dort in einander liefen, wo im Original die Ränder nahe an einander traten. Durch einige Versuche auf Kupfer, welche defshalb besonders angestellt wurden, haben wir gefunden, dafs es möglich ist, sichtbare Wärmebilder, die sich etwas unbestimmt zeigten und deren Ränder nach aufsen zu durch Streifen eingefafst waren, schärfer zu bekommen; diefs geschah, indem die Kupferplatte, nachdem der abzubildende Körper abgenommen war, weiter erhitzt wurde. Das auf dem Grunde der Platte sich bildende gelbbraune Oxyd verbreitete sich allmälig gegen die entstandenen Bilder, vernichtete die farbigen Streifen, und das Bild wurde dadurch schmäler und schärfer begränzt. Diesem ganz analog ist eine Erscheinung, welche ich mehrfach beobachtet habe bei Bildern, die durch Quecksilberdämpfe auf Silber ganz nach Hrn. Moser's Verfahren erhalten wurden. Die Dämpfe condensirten sich zunächst auf dem Grunde der Platte, und die Bilder erschienen viel breiter als das Original, allmälig aber

rückte die Condensirung gegen das Bild vor, und dasselbe wurde immer schmäler, bis beiläufig zur Breite des Originals selbst; solche Bilder entsprechen unsern negativen unmittelbar sichtbaren Bildern. Bei denjenigen, welche unsern positiven entsprechen, schien es mir öfter, als wenn die Condensirung, von den Rändern beginnend, sich nach Innen verbreite. Diese Beobachtungen wurden von mir früher gemacht, als ich die unmittelbar sichtbaren Bilder entdeckte. Das Vorhandenseyn von Rändern ist aber keineswegs Bedingung zur Erzeugung eines Wärmebildes, sie wirken nur in sofern, als sie eine Verschiedenheit im Wärmeübergang bewirken; wo diese Verschiedenheit auf andere Weise bedingt wird, kann ebenfalls ein Bild entstehen. Als Beweis führe ich folgenden Versuch an. Auf eine polirte Kupferplatte wurden mit einem Pinsel einige Worte mit schwarzer Tusche geschrieben, und die Platte darauf stark erhitzt, um alle flüchtigen Stoffe so viel als möglich zu verdampfen; diese Platte wurde alsdann zur Erzeugung von Wärmebildern benutzt, die damit eben so gut gelangen, wie mit einer gravirten Platte.

Der Einfluſs der Verschiedenheit der Wärmestrahlung geht auch aus folgenden Versuchen hervor. Eine frisch gravirte, möglichst reine Messingplatte, bei welcher die Vertiefungen, die unvermeidlichen Rauhheiten abgerechnet, gleiches Aussehen mit der Grundfläche hatten, wurde auf Kupfer abgebildet; der Grund des Bildes erschien silbergrau, die Buchstaben ebenfalls silbergrau, sehr wenig verschieden vom Grund, und nur die von den Rändern nach auſsen gehenden farbigen Einfassungen schieden sich deutlich vom Grunde ab. Als einige der gravirten Buchstaben in den Vertiefungen mit Tusche geschwärzt worden waren, und wir die Platte vorher erhitzt hatten zur Verdampfung der flüchtigen Substanzen, bildeten sich die geschwärzten Buchstaben roth, die andern aber wie früher ab.

Als Curiosität führe ich hier noch an, dafs wir von einem fünf Jahre alten Kupferstich in 7 bis 10 Minuten einige ganz wohl sichtbare Wärmebilder auf Kupfer ganz nach der früher angegebenen Weise erhalten haben.

Es mögen hier noch ein Paar besondere Versuche erwähnt werden. Auf einer Kupferplatte wurde bei geringer Temperaturdifferenz ein Bild gewonnen, durch Jod sichtbar gemacht, und hierauf die Platten in unterschweflichtsaures Natron gelegt. Das Bild verschwand mit dem Jod von der Platte, diese wurde dann mit kochendem Wasser gewaschen; das Bild konnte nun hier durch Jod nicht wieder sichtbar gemacht werden, sondern schien ganz verschwunden zu seyn.

Ebenfalls auf einer Kupferplatte wurde bei hohen Temperaturdifferenzen ein Bild gewonnen, durch Joddämpfe sichtbar gemacht, und dann in unterschweflichtsaurem Natron 20 Stunden gelassen, ohne dafs das Bild verschwand. Die Platte wurde hierauf mit kaltem Wasser gewaschen, etwas mit Oel und Tripel gereinigt, hiernach bis zum Rothwerden erhitzt; jetzt schien das Bild verschwunden, als aber etwas stark verdünnte Salpetersäure auf die Platte gegossen wurde, kam das Bild wieder zum Vorschein.

Es ist durchaus nicht meine Absicht, hier in theoretische Betrachtungen über die Resultate unserer Versuche einzugehen, deren Anzahl jetzt schon mehr als 500 beträgt; ich verschiebe diefs, bis ich einige andere Angaben Hrn. Prof. Moser's auf ähnliche Weise werde geprüft haben, wie es hier mit dem Einflufs der Wärme bei der Abbildung zweier Körper auf einander geschehen ist. Dafs die vorstehenden Untersuchungen nicht auf eine mehr wissenschaftliche Weise angestellt sind, hat seinen Grund darin, dafs dazu mehrere besondere Apparate nöthig gewesen wären, deren Anschaffung mir für jetzt wenigstens nicht möglich war, und verdiene ich defshalb keinen Tadel.

Ich bemerke noch, dafs ich schon im Juni 1841 die negativen unmittelbar sichtbaren Lichtbilder entdeckte, früher als die Kunde davon aus Paris nach Kasan kam, auch glaubte ich aus zwei Versuchen schliefsen zu müssen, dafs solche Bilder wieder in positive übergehen können; theils ungünstiger Zustand der Atmosphäre, hauptsächlich aber Mangel an Materialien, hinderten mich, diefs weiter zu verfolgen. Hr. Pr. Moser hat einen solchen Wechsel der Bilder, der noch mehrfach seyn kann, dargethan. Ferner veranlafsten mich einige Versuche zu dem Schlusse, dafs eine erh hte Temperatur in der Camera obscura der Erzeugung eutlicher und schöner Lichtbilder nachtheilig ist.

Ungeachtet der ausgezeichneten Achtung, welche ich für Hrn. Prof. Moser hege, mit welchem persönlich befreundet zu seyn ich mir für eine Ehre schätze, erlaube ich mir doch zu bemerken, dafs ich einigen Resultaten, welche derselbe mit Hülfe gefärbter Gläser erhielt, kein rechtes Vertrauen schenken kann, weil, ungeachtet der Mühe, die ich mir deshalb vor zwei Jahren in Berlin, Wien, München, Paris und London gegeben habe, ich nicht so glücklich gewesen bin, auch nur ein einziges gefärbtes Glas von eines Quadratcentimeters Gröfse zu erlangen, welches nicht das geringste weifse Licht durchgelassen hätte. Einige Versuche Hrn. Moser's müssen daher mit Hülfe des Heliostats und guter Prismen geprüft werden, was ich beabsichtige im nächsten Frühjahr zu thun, wenn ich bis dahin mir noch einige kleine Apparate aus dem Auslande verschaffen kann, die ich dazu nöthig finde.

## III. *Erwiderung an die HH. Fizeau und Daguerre; von L. Moser.*

In dem L. Bande dieser Annalen befinden sich Aufsätze von HH. Fizeau und Daguerre, zum Theil Erscheinungen betreffend, welche ich früher beschrieben habe. Sie beweisen deutlich, dafs ihren Verfassern jene Erscheinungen nur oberflächlich bekannt geworden seyen; vielleicht nur aus einem der Auszüge, welche von meinen Aufsätzen gemacht worden, und die öfters nicht einmal ganz verständlich sind. Einen gelungenen Versuch mufs vollends keiner der genannten Verfasser angestellt oder gesehen haben. Hr. Fizeau leitet das Abbilden der Körper auf einander von Unreinigkeiten her, mit welcher einer der Körper oder beide bekleidet seyen; er verunreinigt die Körper absichtlich, und zeigt, dafs man solchen Schmutz einige, wiewohl wenige Male von dem einen auf den andern übertragen könne. Daran läfst sich nicht zweifeln, aber ersuchen mufs ich Hrn. Fizeau, die Versuche zu wiederholen, sobald seine Körper keinen Schmutz mehr zu übertragen haben, und zwar die Versuche, wie ich sie angegeben habe, in der Berührung, Entfernung, in Oelen, Wasser etc. etc. Sie werden ihm dann desto reiner gelingen.

Was den Aufsatz des Hrn. Daguerre betrifft, so enthält er sehr viele Unrichtigkeiten, auf die ich mich jedoch hier nicht einlassen kann. Ich werde es bei dem Einwand bewenden lassen, den Hr. Daguerre gegen mich, und zwar in Betracht meiner Ansicht von unsichtbarem Licht anführt. Hr. Daguerre kocht die Silberplatten, nachdem sie jodirt worden, in destillirtem Wasser, giefst dasselbe vorsichtig ab, und setzt die heifse Platte denjenigen Dämpfen aus, die das Silber empfind-

lich machen. Er giebt an, dafs bei dieser Art zu verfahren die Schnelligkeit im Verhältnifs von 8 : 3 wachse, und schreibt diese Beschleunigung auf das Entfernen eines Luftschlammes, der durch den Wasserdampf der Atmosphäre an die Platte abgesetzt, durch das Kochen aber wieder entfernt werde. Das Wichtigste für mich war, dafs zwei so gekochte Körper sich bei der gewöhnlichen Temperatur auf einander nicht abbilden sollen. Diesen Versuch jedoch mufs Hr. Daguerre flüchtig angestellt haben; denn nach meinen Versuchen bilden sich die gekochten Körper gerade so ab, wie die nicht gekochten. Hiermit könnte es in Bezug auf Hrn. Daguerre genügen. Ich könnte ihm überlassen es zu rechtfertigen, wie der Wasserdampf der Luft dazu komme, an eine eben jodirte Platte heranzugehen, da es doch bekannt ist, dafs selbst Wasserdampf höherer Spannung schwer von einer gut jodirten Platte condensirt wird, und um so schwerer, wenn sie eben jodirt worden, und also noch etwas erwärmt ist. Ich könnte es ihm überlassen, glaublich zu machen, dafs durch Entfernung des Schmutzes die nachherige Empfindlichkeit der Platte, wie er angiebt, *streng* im Verhältnifs von 8 : 3 wachse. Solcher Unwahrscheinlichkeiten liefsen sich mehrere namhaft machen; allein man bedarf ihrer nicht. Selbst wenn die Ansicht des Hrn. Daguerre nicht unwahrscheinlich wäre, so wäre sie doch falsch. Hr. Daguerre hat, wie ich vermuthe, so experimentirt, dafs er die gekochte Platte blofs den Joddämpfen, oder erst diesen und dann den Dämpfen von Jodchlorür, Brom u. s. w. aussetzte. Wendet man aber Jodchlorür an, so braucht man die Platte vorher nicht zu jodiren. Man verfahre also mit dem Kochen der Platte, wie Hr. Daguerre es vorschreibt, bringe aber die heifse Platte unmittelbar über Jodchlorür. Man wird dann finden, dafs die Platte nicht allein nicht empfindlicher, *sondern sogar unempfindlicher geworden ist*, als wenn man das Kochen fortgelassen hätte. Wo bleibt

nun hier die Vorstellung von Luftschlamm und dessen Wirkungen?

Hr. Daguerre ist mit dem Kochen der Silberplatte auf einen der schwierigsten Gegenstände dieser Sphäre getreten, mit welchem ich mich seit meinem Aufsatze über das Latentwerden des Lichts (diese Ann. Bd. LVII S. 1) beschäftigt habe. Ich gab dort im Allgemeinen die Erscheinungen an, welche verdampfendes Wasser auf Platten hervorbringt; seitdem habe ich einzelnen Gelehrten von den merkwürdigen Erscheinungen Mittheilungen gemacht, auf welche ich gestoſsen war, als ich diesen Gegenstand nach seinen verschiedenen Seiten untersuchte. Wegen der beträchtlichen Schwierigkeit desselben ist es mir bis jetzt nicht möglich gewesen, ihn in einer abgeschlossenen Form dem wissenschaftlichen Publicum vorzulegen. Auch jetzt bin ich darin so weit nicht vorgeschritten, stehe aber nicht an, so viel von meinen Resultaten mitzutheilen, als nöthig ist, um einen der delicatesten Processe, der eine Oberfläche betreffen kann, vor den rohen Hypothesen zu schützen, die man seinetwegen erfindet.

Die Dämpfe von Jod, Chlor, Brom haben bekanntlich die Eigenschaft, das Silber gegen das gewöhnliche Licht empfindlicher zu machen. Allein sie haben auſserdem eine ganz andere Eigenschaft. Wenn nämlich das gewöhnliche Licht auf eine, nach der üblichen Art präparirte Silberplatte gewirkt und ein Bild hervorgebracht hat, dann haben dieselben Dämpfe die Eigenschaft, diese Wirkung *gradatim zurückzuführen*, das Bild also in jedes der früheren Stadien zurückzuversetzen. Von meinen sehr zahlreichen Versuchen hierüber theile ich einen als den ausgedehntesten dieser Art mit. Am 11. Februar d. J. war die richtige Zeit für das gewöhnliche Bild zwischen 10 und 12 Uhr Vormittags $2\frac{1}{2}$ bis 2 Minuten, wenn die jodirte Platte noch dem Chlordampf ausgesetzt worden war. Eine solche Platte brachte ich

an diesem Tage in die Camera obscura und liefs sie 26 Stunden darin. Es entstand natürlich ein starkes negatives Bild, dessen hellste Parthien bedeutend geschwärzt waren. Diese Platte wurde nunmehr 1 Minute über Jod gehalten, und hierauf in den Quecksilberkasten gebracht. Der Quecksilberdampf *brachte jetzt dasselbe Bild zuwege*, als wenn die Platte 2 Minuten, nicht 26 Stunden, in der Camera obscura gewesen wäre. Zu Versuchen dieser Art genügt es, die Platte vier bis sechs Mal länger als nöthig in der Camera obscura zu lassen, und sie hierauf in Jod, Chlor, Bromdampf u. s. w. zu bringen, wobei man die nöthige Zeit ermitteln mufs. Beim Joddampf gehört hierzu etwa ein Drittel der Zeit, worin eine jodirte Silberplatte gelb wird, damit ein Bild im Stadium 4 bis 6*t* auf das Stadium *t* zurückversetzt werde, wo es dann im Quecksilberdampf auf gewöhnliche Weise erscheint. Läfst man den Dampf von Jod u. s. w. zu lange wirken, so wird das Bild in noch frühere Stadien zurückversetzt, und kann sogar bis auf die letzte Spur verschwinden. Würde man dagegen die Platte, nachdem sie die Zeit 4 oder 6*t* in der Camera obscura gelassen worden, ohne Weiteres in den Quecksilberapparat bringen, so würde der Quecksilberdampf die bereits angefangene Schwärzung der hellsten Parthien, wegen der Farbe seines latenten Lichts, bedeutend steigern. Er würde dagegen die weniger afficirten Stellen weifs machen, und also ein durchaus negatives Bild entstehen lassen. Läfst man jedoch Jod u. s. w. in gehöriger Intensität vorher auf das Bild wirken, so wird dasselbe im Quecksilberdampf ein so vollendetes, als das gewöhnliche Verfahren es nur zu liefern vermag.

Es ist wohl eine der seltsamsten Erscheinungen, dafs dieselben Dämpfe, welche das Silber für das gewöhnliche Licht so empfindlich machen, eine geradezu entgegengesetzte Action gegen die stattgefundenen Wirkungen dieses Lichts ausüben. Man kann unmöglich glauben,

dafs diese beiden Erscheinungen nur zufällig sich hier beisammenfinden sollten. Viel wahrscheinlicher ist es, dafs dieser Zusammenhang sich auch anderweitig zeigen werde, und dafs überhaupt jeder Dampf oder jede Gasart, welche, mit dem Silber verbunden, ihm eine gröfsere Empfindlichkeit für das gewöhnliche Licht ertheilt, auch die andere Eigenschaft haben werde, die stattgefundenen Effecte dieses Lichts gradatim zurückzuführen, und umgekehrt. Ausnahmen von diesem Satze sind mir nicht bekannt; vielleicht dafs später die Bedingungen des chemischen Processes dergleichen herbeiführen. Vorläufig will ich anderweitige Bestätigungen dieses Satzes mittheilen. Bekanntlich erhöht der Sauerstoff, mit dem Silber chemisch verbunden, dessen Empfindlichkeit für das Licht. Der Sauerstoff führt aber auch die Wirkungen des gewöhnlichen Lichts gradatim zurück. Man lasse eine jodirte, chlorjodirte u. s. w. Platte 4 bis 6 Mal zu lange in der Camera obscura, und bringe sie hierauf in einen Strom reinen Sauerstoffs, ½ oder 1 Minute lang, je nach der Elasticität des Gases: so wird das Bild auf das richtige Stadium, oder überhaupt auf ein früheres zurückgebracht seyn, und kann auch ganz von der Platte verschwinden. Statt des reinen Sauerstoffs kann man auch die atmosphärische Luft anwenden, indem man sie mittelst eines Blasebalgs 1 oder 2 Minuten gegen die Platte treibt; ihr Bild ist dann ebenfalls auf ein früheres Stadium zurückversetzt. Der Luftstrom meines doppelten Blasebalgs hält einer Wassersäule von 4 bis 5 Zoll das Gleichgewicht, und bringt, während zwei Minuten bei einer jodirten Platte angewandt, das Stadium ihres Bildes von $4t$ auf $t$ herab, wo es dann in den Quecksilberdämpfen auf gewöhnliche Weise erscheint. Auch die ruhige Atmosphäre bringt durch ihren Sauerstoffgehalt dieselben Wirkungen hervor, wenn man die Platte nur mehrere Stunden liegen läfst. Aehnlich wie Sauerstoff wirkt auch Fluorwasserstoff. Wenn die jodirte, chlor-

jodirte u. s. w. Silberplatte 4 bis 6 Mal zu lange in der Camera obscura gewesen, und man bringt sie einige Secunden über diesen Dampf (den ich auf gewöhnliche Weise, jedoch ohne Wärme, entwickelte), dann ist das Bild auf das Stadium *t* oder ein früheres zurückgeführt, und man kann auf diese Weise die in jeder Hinsicht vollendetsten Bilder erhalten. Somit übt Fluorwasserstoff diese dem gewöhnlichen Licht entgegengesetzte Wirkung. Zugleich macht derselbe Dampf, eine halbe oder eine ganze Minute gegen eine jodirte Silberplatte streichend, dieselbe für das gewöhnliche Licht viel empfindlicher, und ich erhielt durch schwache Sonne auf solchen Platten, nach der Art wie ich sie in dem Aufsatz über den Procefs des Sehens u. s. w. beschrieben, schon innerhalb 16 Minuten sehr gute Bilder, zu welchen die reine Silberplatte 2 Stunden verlangt haben würde. Sauerstoff und Fluorwasserstoff zeigen also wiederum beide Eigenschaften vereinigt, sie führen die Wirkungen des sichtbaren Lichts zurück, und machen die Silberplatte für dieselbe Wirkung empfindlicher. Allein sie stehen in der einen wie der andern Beziehung den Dämpfen von Jod, Chlor u. s. w. bedeutend nach. Weder ertheilen sie dem Silber jenen höheren Grad von Empfänglichkeit, noch erstreckt sich ihre zurückführende Kraft so weit. Wenn nämlich die jodirte, chlorjodirte u. s. w. Silberplatte länger als 4 bis 6 Mal die richtige Zeit in der Camera obscura gewesen, dann wird ihr vorgeschrittenes Bild durch Sauerstoff oder Fluorwasserstoff nicht mehr zurückgeführt, mindestens bei der gewöhnlichen Temperatur nicht. Dagegen hat der Joddampf die Kraft ein Bild noch zurückzuführen, welches länger als einen Tag in der Camera obscura gelassen, wie ich das bereits angeführt. Messende Versuche sind defshalb, wie man leicht sieht, über Jod, Chlor u. s. w. nicht möglich, da man nicht anzugeben vermag, in welchem Stadium mit Bezug auf die Zeit sich ein Bild befinde, wenn die Platte, die

es trägt, länger als einen Tag in der Camera obscura verweilte. Den genannten gasförmigen Körpern, denen sich viele andere anreihen, die ich bis jetzt nicht genau genug untersucht habe, reiht sich nun auch die *Verdampfung des Wassers* an. Sie führt die Wirkung des gewöhnlichen Lichts ebenfalls zurück. Man lasse die jodirte Silberplatte 5 bis 6 Mal die nöthige Zeit in der Camera obscura, und giefse kaltes Wasser darüber, welches man ablaufen läfst. Bringt man die trocken gewordene Platte in die Quecksilberdämpfe, so erzeugen sie dasselbe Bild, *als wäre die Platte die richtige Zeit in der Camera obscura gewesen.* Wendet man heifses Wasser an, so ist die Verdampfung stärker, eben so die zurückführende Kraft, und man kann dann Bilder aus dem Stadium 8 bis 10 *t* auf das Stadium *t* zurückversetzen. Man mufs jedoch bei diesen Versuchen die Anwendung von Wärme bei jodirten, chlorjodirten u. s. w. Platten nicht so weit treiben, dafs die Platte ihre Farbe ändert.

Da nun verdampfendes Wasser die zurückführende Kraft besitzt [1]), so ist nach dem Vorigen schon zu erwarten, dafs das reine Silber durch dasselbe gegen das gewöhnliche Licht empfindlicher werden wird, und das ist es nun, was dem oben mitgetheilten Versuch des Hrn. Daguerre zu Grunde liegt, und was derselbe so sehr verkannt hat. Zur näheren Erläuterung dieser Sache wird Folgendes dienen.

Wenn man zwei Dämpfe oder Gase, *A* und *B*, von denen jeder einzeln die zurückführende Kraft oder die Eigenschaft besitzt, das Silber empfindlicher zu machen, hinter einander auf eine Silberplatte wirken läfst, so wird

1) Ich mufs übrigens bemerken, dafs, was ich hier auf Rechnung der Verdampfung schreibe, eben so gut auf Rechnung der Berührung des Wassers geschrieben werden könne. Mir ist kein Versuch geglückt, der zwischen beiden möglichen Ansichten entscheiden könnte, und ich mufs diese Frage daher auf sich beruhen lassen.

die definitive Empfindlichkeit der Platte eine andere seyn, als wenn nur *A* oder *B* allein darauf gewirkt hätte. (Der Fall bleibt natürlich hier ausgeschlossen, wo der eine Dampf durch seine Elasticität oder Dauer der Einwirkung gar zu sehr überwiegt, so dafs der Einflufs des andern für den Versuch verschwindet.)

1) Die Empfindlichkeit der Silberplatte wird durch die successive Anwendung von *A* und *B* vermehrt, und zwar in welcher Ordnung man sie wirken lasse. In diesem Verhältnifs stehen Jod und reines Chlor zu einander. Läfst man gleich nach dem Poliren Chlordämpfe auf die Platte wirken, dann Joddämpfe, oder umgekehrt, so wird in beiden Fällen die Platte für das gewöhnliche Licht empfindlicher, als wenn man blofs Chlor oder blofs Jod genommen hätte.

2) Die Empfindlichkeit der Silberplatte wird durch die successive Anwendung von *A* und *B* vermehrt, aber nur, wenn sie in einer bestimmten Ordnung wirken. In diesem Verhältnifs stehen die Dämpfe von Jod und Jodchlorür. Läfst man zuerst Jod wirken, dann Jodchlorür, so wird die Platte ein wenig empfindlicher, als wenn man blofs Jodchlorür, und viel empfindlicher, als wenn man blofs Joddampf allein genommen hätte. Kehrt man dagegen die Ordnung um, läfst erst Jodchlorür, dann Jod wirken, so wird die Platte nicht so empfindlich, als wenn der erstere Dampf allein gewirkt hätte.

3) Die Empfindlichkeit der Silberplatte wird durch den gasförmigen Körper *B* vermindert, mag man ihn vor oder nach *A* anwenden. Der Chlordampf vor oder nach dem Jodchlorür angewandt, macht die Platte weniger empfindlich. Fluorwasserstoff vor oder nach dem Jod angewandt, macht ebenfalls die Platte unempfindlicher, und dasselbe findet Statt, wenn statt des Jods Jodchlorür genommen wird. Wie der Fluorwasserstoff, wirkt in dieser Beziehung auch der Sauerstoff. Wenn man die Silberplatte, nachdem sie polirt oder jodirt worden, einige

Zeit liegen läfst und nachher den übrigen Processen aussetzt, so zeigt sich die Platte unempfindlicher. Obgleich ich keine directen Beobachtungen hierüber an reinem Sauerstoff angestellt habe, so giebt der Sauerstoff der Luft doch die natürliche Erklärung für das zuletzt erwähnte Phänomen.

Was nun das von der reinen Silberplatte verdampfende Wasser anbetrifft, so reiht sich dessen Wirkung den Fällen *ad* 2 und 3 an, je nachdem man Jod oder Jodchlorür anwendet. Wendet man Jod an, so wird durch die Verdampfung von kaltem oder heifsem Wasser, wenn sie vorangeht, die Empfindlichkeit der Platte vermehrt. Das Umgekehrte tritt ein, wenn Jodchlorür angewandt wird. Allein welche der beiden Dampfarten auch gewählt werde, immer wirkt das Verdampfen des kalten und erwärmten Wassers nachtheilig auf die Empfindlichkeit, wenn man dasselbe von einer bereits jodirten oder chlorjodirten Platte eintreten läfst.

Königsberg, im Juli 1843.

## IV. *Ein Experiment zum Beweise, dafs im Quecksilberdampf latentes Licht vorhanden sey.*

Das folgende einfache Experiment weist sehr gut das Vorhandenseyn latenten Lichts im Quecksilberdampf nach, und bietet an sich genug Interesse, dafs ich dasselbe einzeln aus der Untersuchung, zu welcher es eigentlich gehört, mittheilen kann.

Man lasse eine Silberplatte jodiren, wobei das erste Gelb genügend ist, und erhitze sie hierauf über einer gewöhnlichen Spirituslampe, etwa während einer Minute. Das Jodsilber wird erst dunkler, dann milchweifs. Diese weifse Substanz ist gegen das Licht sehr empfindlich, und steht

steht hierin unseren empfindlichsten Substanzen wenig nach. Sie wird im Licht, und zwar von allen Farben desselben, stahlgrau. Man mufs die Platte daher vor dem directen Himmelslicht schützen, und mit ihr im hintern Theile der Stube operiren. Nachdem sie erkaltet worden, bringe man sie hinter einem ausgeschnittenen Schirm, der sich bis zu einer Linie von der Platte entfernt befinden kann, über Quecksilber, erhitze dasselbe bis 60° R., und lasse die Temperatur auf 30° fallen. Nimmt man jetzt die Platte heraus, so ist sie überall da, wo Quecksilberdampf hinkam, stahlgrau geworden, und man erhält also das Bild der Ausschnitte des Schirms gerade so, als wenn gewöhnliches Licht auf die Platte gefallen wäre. Obgleich der condensirte Quecksilberdampf weifs ist, so ist die Wirkung seines latenten Lichts doch in diesem Falle die überwiegende, und bestimmt die Färbung.

Die *Wärme* spielt hierbei keine Rolle, denn sie vermag nicht die weifse Substanz stahlgrau zu machen. Auch giebt es bei dieser weifsen Substanz keine *chemischen Strahlen;* denn alle Strahlen des Spectrums machen sie stahlgrau. —

Königsberg, im Juli 1843.

Ludwig Moser.

## V. *Entwicklung der Lehre von dem Glanze; von J. C. Oersted.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verfasser aus: *Oversigt over det K. danske Videnskab. Selskabs Forhandlinger Ac.* 1843, *No.* 5.)

Der Verfasser fängt mit der Erklärung an, dafs sein Vortrag nichts wesentlich Neues enthalten werde, sondern

nur eine Zusammenstellung bekannter Wahrheiten sey; da diese Zusammenstellung indessen seines Wissens nirgends ausgeführt sey, halte er es nicht für unzweckmäfsig, den erlangten Ueberblick mitzutheilen.

Um desto leichter die Aufmerksamkeit auf das zu richten, worauf es hier ankommt, ging er von dem scheinbaren Widerspruche in der Vereinigung der schwarzen Farbe und des Glanzes aus, da zufolge jener so wenig, zufolge dieses so viel Licht als möglich zurückgeworfen werden soll. Um diese Schwierigkeit zu lösen, mufs man wohl die beiden Weisen unterscheiden, auf welche die Oberflächen das von einem leuchtenden Punkte erhaltene Licht zurücksenden.

Jeder leuchtende Punkt ist der Ausgangspunkt für eine Reihe von Aetherwellen. Jede gerade Linie, die von diesem Punkte senkrecht auf die Wellenflächen gezogen werden kann, bezeichnet eine Wirkungsrichtung, und wird ein Lichtstrahl genannt. Da das von einem Punkte ausgehende, auf eine Fläche fallende Licht einen kegelförmigen Raum einnimmt, wird ein so begränzter Ausschnitt einer Reihe von Lichtwellen, eine so äufserlich begränzte, innerlich aber unendliche Sammlung von Lichtstrahlen, ein *Lichtkegel* oder *Strahlenkegel* genannt. Wenn der Strahlenkegel auf eine ebene und blanke Oberfläche fällt, wird er so zurückgeworfen, dafs alle Strahlen darin ihre gegenseitige Lage behalten, so dafs das Auge dieses zurückgebeugte Licht ganz auf solche Weise empfängt, als ob es von dem leuchtenden Punkte käme, nur mit dem Unterschiede, worauf es hier jedoch nicht ankommt, dafs das Auge, welches nichts von der Veränderung der Richtungen weifs, sich den Punkt eben so weit hinter der blanken Fläche vorstellt, als er in Wirklichkeit vor derselben liegt. Auch dann, wenn die blanke Oberfläche nicht eben ist, sondern gewisse regelmäfsige Formen hat, wie die der Kugel, der Hyperboloïde, Paraboloïde, des Kegels und Cylinders, werden

die Strahlen so zurückgeworfen, dafs diejenigen, welche in das Auge gelangen, einem gemeinschaftlichen Strahlenkegel anzugehören fortfahren, obgleich die Figur desselben mehr oder weniger verändert wird. Man kann sagen, dafs die Strahlenkegel hier unzerlegt, wiewohl nicht unverändert zurückgeworfen werden. Bekanntlich zeigen uns die Oberflächen, welche die Strahlenkegel unzerlegt zurückwerfen, die Bilder der Gegenstände, oder sie sind Spiegel. Besteht eine Oberfläche aus vielen sehr kleinen, blanken, doch von einander getrennten Theilen, so wird doch jeder der dünnen Strahlenkegel, welche von einem solchen Theile zurückgeworfen werden, unzerlegt bleiben. Das Nachdenken mufs einen jeden dieser blanken Theilchen als einen Spiegel anerkennen; die Oberfläche dagegen, als Ganzes betrachtet, kann nun nicht mehr so genannt werden; Blankheit wird man ihr aber nicht absprechen. Von einem jeden der blanken Theile geschieht die Reflexion nach den Gesetzen der Spiegelung, und man kann deshalb diese Reflexion, welche die *regelmäfsige* genannt zu werden pflegt, mit dem Namen: die *spiegelnde*, bezeichnen, wodurch die Bezeichnung der Anschauung näher gerückt wird. In sofern dagegen die Strahlen, welche auf die Fläche fallen, von den empfangenden Theilen in alle möglichen Richtungen zurückgeworfen werden, werden die ursprünglichen Strahlenkegel *zerlegt*. In so weit diefs geschieht, — vollständig geschieht es nie — hat man diese Reflexion mit Recht die *zerstreuende* genannt; mehr bezeichnend könnte man sie aber die *zerlegende* nennen, wodurch man zugleich verhinderte, dafs der Gedankenlose sie mit der davon himmelweit verschiedenen zerstreuenden Reflexion verwechsele, die durch die convexen Spiegel bewirkt wird.

Das Licht, welches durch die spiegelnde Reflexion in unser Auge gelangt, giebt uns keine Vorstellung von den zurückwerfenden Theilen, sondern nur von dem Vor-

handenseyn des Lichts, und wenn die Theile der Fläche eine dazu geeignete gegenseitige Lage haben, von dem leuchtenden Punkte. Durch die zerlegende Reflexion gelangen wir dagegen zur Kenntnifs der zurückwerfenden Theile selbst. Bei dieser Reflexion scheint es auch zu seyn, dafs ein Theil der empfangenen Lichtstrahlen für die Umgebung verschwindet, *absorbirt* wird, wie man es nennt. Oft wird von einer Strahlenart, d. h. von Lichtwellen einer gewissen Geschwindigkeit der Schwingungen, mehr absorbirt als von den übrigen, wodurch die zurückgeworfenen Strahlen also eine gewisse hervortretende Farbewirkung erhalten.

Wenn es eine Oberfläche gäbe, welche nur die spiegelnde Reflexion ausübte, würde sie im eigentlichen Verstande des Worts nicht gesehen werden, obgleich man ihr Vorhandenseyn durch ihre spiegelnde Wirkung bemerken würde. Für das eigentliche Sehen würde sie sich verhalten, als wenn sie *schwarz* wäre. Allein bei jeder noch so vollkommen spiegelnden Fläche leidet das Licht zum Theil eine zerlegende Reflexion, wodurch gerade bewirkt wird, dafs sie ein Gegenstand des eigentlichen Sehens wird. Auf der andern Seite giebt es keine Oberfläche, bei der die empfangenen Lichtstrahlen ausschliefslich die zerlegende Reflexion erleiden. Wir belegen aber die Oberflächen mit den Namen glänzend oder glanzlos, je nachdem die eine oder die andere Art der Reflexion den bemerkbarsten Eindruck auf uns hervorbringt.

Es verdient in hohem Grade unsere Aufmerksamkeit, dafs dieselben Veränderungen, welche den Glanz verstärken, die zerlegende Reflexion schwächen, und umgekehrt. Man sieht diefs beim Poliren einer matten Fläche oder dem Mattschleifen einer blanken. Im ersten Falle nimmt die Sichtbarkeit der einzelnen Theile ab, je nachdem ihre Blankheit einen höheren Grad der Vollkommenheit erreicht; und bei einigen Flächen, z. B. beim

Stahle, verschwindet die eigenthümliche Farbe in dem Grade, dafs man geneigt wird, die Fläche schwarz zu nennen. Im andern Falle, beim Mattschleifen, erhält die Eigenthümlichkeit des Stoffes den verlornen Theil seines Einflusses wieder zurück. Man wird mit diesen Verhältnissen noch vertrauter durch einen Ueberblick über folgende alte und neue Erfahrungen. Eisen in pulverförmigem Zustande, so wie man es durch die Behandlung des Eisenoxyds mit Wasserstoffgas erhält, ist schwarz; wird es aber zusammengeprefst, erhält es den bekannten Glanz und die Farbe des Eisens. Dasselbe läfst sich im Wesentlichen auf alle die Metalle anwenden, die in pulverförmigem Zustande dargestellt werden können. Viele derselben sind in ihrem feinzertheilten Zustande schwarz oder grau, wie Platin, Silber, Blei, Arsenik, andere farbig, als Gold, Kupfer; aber durch Druck oder eine gewisse Zusammenstellung der Theile erhält jedes derselben seinen bekannten metallischen Glanz und seine Farbe. Man würde irren, wenn man meinte, dafs dieses Verhältnifs nur für den metallischen Zustand gälte. Polirt man ein Stück rothes Eisenoxyd, erhält es mit dem Glanze einen stahlgrauen Schein, und zeigt in demselben Grade weniger Röthe, je vollkommener seine Politur ist. Dasselbe gilt vom Zinnober, nur dafs dieser im blanken Zustande eine Farbe hat, welche sich mehr der des Bleies, oder, wenn man will, der des Quecksilbers nähert, wiewohl mit weniger lebhaftem Glanze. Indigo erhält durch's Poliren bekanntlich einen Kupferglanz. Das Berlinerblau erhält ebenfalls durch dieselbe Behandlung einen eigenen dunkelblauen Glanz. Hiemit verwandte Versuche lassen sich dadurch ausführen, dafs man irgend einen Färbestoff auf Papier streut, dieses auf eine harte Unterlage legt, und es mit einem Stücke harten, blanken Glases, Porcellans, Stahls od. dergl. reibt; man wird dann die Farbe in demselben Maafse verschwinden sehen, in welchem der Glanz steigt. Mit ähnlichem Erfolge kann

man zu solchen Versuchen gemalte Oberflächen anwenden, deren Bindemittel zu keinem bedeutenden Glanze Anlafs giebt.

Bei Versuchen mit allen diesen Oberflächen ergiebt sich, dafs ihre Spiegelbilder keine Farbe mit sich führen. Zwar sieht man oft in dem Bilde einen Farbenschein von der reflectirenden Fläche; dieser rührt aber von der zerlegenden Reflexion her, welche stets die spiegelnde begleitet. Je mehr ein Spiegel im Schatten liegt, der Gegenstand aber wohl beleuchtet ist, desto weniger nimmt das Spiegelbild diesen Nebenschein an. Das Spiegelbild jedes farbigen Gegenstandes zeigt sich alsdann fast ganz mit seiner eigenen Farbe, obgleich der Körper, dessen Oberfläche dasselbe bewirkt, bei der zerlegenden Reflexion eine ganz andere Farbe giebt.

Das Licht, welches von einer glanzlosen Oberfläche in einen Schatten geworfen wird, ist bekanntlich stets gefärbt; ist dieselbe Oberfläche polirt, erhält das zum Schatten kommende farblose Licht ein Uebergewicht, welches im Verhältnifs zur Politur steht. In der dunkeln Kammer zeigt es sich ebenfalls deutlich, dafs das bei der Spiegelung zurückgeworfene Licht nicht die Farbe des Gegenstandes hat, obgleich es sich leicht mit einem Theile des, bei der spiegelnden Reflexion, ausgesendeten Lichtes vermischt.

Da die Oberflächen aller Flüssigkeiten blank sind, müssen sie dieselben Verhältnisse zeigen, und diefs ergiebt sich auch in der Wirklichkeit. Obgleich man ältere Versuche hierüber hatte, hat Oersted diefs doch durch Versuche mit stark gefärbten Flüssigkeiten, z. B. mit dunkelblauer Dinte, tief roth gefärbter Lackmustinktur, in schwarzen Gefäfsen, bestätigt. Gefärbte Glasarten zeigen dasselbe Verhältnifs.

Das bei der zerlegenden Reflexion ausgesendete Licht ist nicht polarisirt, wohl aber das durch Blankheit reflectirte. Obgleich dieses Verhältnifs nicht bezweifelt

worden ist, wird es doch von Interesse seyn, es durch neue, die Sache klar darlegende Versuche bestätigt zu sehen. Diefs geschieht sehr leicht, indem man die Hälfte einer matten Oberfläche polirt, und sie dann das Licht unter einem ziemlich spitzen Winkel auf einen, in den Polarisationswinkel gestellten Spiegel, der gehörig gedreht werden kann, oder zu einem Polariskop, zurückwerfen läfst. Braucht man Savart's Polariskop, sieht man auf der glanzlosen Oberfläche wohl einige ganz matte Streifen, auf der glänzenden zeigen sich aber kraftvoll gefärbte Streifen.

Man bemerkt nicht, dafs die Farbe, welche die Oberfläche in ihrem glanzlosen Zustande haben würde, irgend einen Einflufs auf die Farben ausübt, welche die Streifen im polarisirenden Lichte zeigen, welches wiederum die Ueberzeugung bekräftigt, dafs die spiegelnde Reflexion farblos ist.

Indem man diejenigen Stoffe polirt, mit welchen diefs nicht früher versucht worden, wird man im Stande seyn den Polarisationswinkel mancher Stoffe zu bestimmen, und daraus ihr Brechungsverhältnifs abzuleiten, wenn keine andern Mittel angewandt werden können.

Aus diesem Allen geht also hervor, dafs das bei der spiegelnden Reflexion ausgesendete Licht an dem Farbeneindrucke, welchen wir von den Körpern empfangen, keinen Theil hat, sondern dafs dieser Eindruck nur durch die zerlegende Reflexion bewirkt wird. Man sieht auch, dafs Weifse und Schwärze, die im täglichen Leben Farben genannt werden, das mit den eigentlichen Farben gemein haben, dafs sie auf der zerlegenden Reflexion beruhen.

## VI. *Das specifische Gewicht der Schwefelsäure bei verschiedenen Graden der Verdünnung;* *von Chr. Langberg.*

Wie bekannt, haben schon mehrere Gelehrte, wie Dalton, Parkes, Ure u. A., zahlreiche Versuche angestellt, um das, einem verschiedenen Gehalte an wasserfreier Säure entsprechende specifische Gewicht einer mit Wasser verdünnten Schwefelsäure zu finden, und haben Tabellen geliefert, durch welche man den Procentgehalt der Säure finden kann, wenn das spec. Gewicht bekannt ist, und *vice versa.* Die genaue Bestimmung des Procentgehalts und spec. Gewichts der Schwefelsäure sind jedoch mit vielen und eigenthümlichen Schwierigkeiten verbunden; man findet deshalb zwischen diesen verschiedenen Tabellen nicht unbedeutende Abweichungen, und obgleich man wohl im Allgemeinen Ure's Tabelle für die zuverlässigste ansieht, so hat man doch bisher keinen sicheren Maafsstab, weder für die Genauigkeit dieser, noch die der andern Versuche. Diese Unsicherheit, in Verbindung mit der grofsen practischen Wichtigkeit dieser Tabellen, macht eine Untersuchung ihrer Genauigkeit wünschenswerth, und ich habe daher nicht die Mühe gescheut, sowohl sämmtliche Beobachtungen Ure's, wie mehrere von Parkes's, nach der Methode der kleinsten Quadrate zu berechnen, um dadurch den mittleren Fehler der Versuche beider zu finden, und den wahrscheinlichsten Werth von dem spec. Gewicht der Schwefelsäure, welcher aus diesen Versuchen abgeleitet werden kann, zu bestimmen.

Die Art, auf welche Ure's Wägungen ausgeführt, und die Vorsichtigkeitsregeln, welche dabei beobachtet wurden, findet man beschrieben in dessen chemischen

Wörterbuche [1]). Die Resultate dieser Versuche, welche alle bei einer Temperatur von 60° F. (15° $\frac{5}{9}$ C.) angestellt sind [2]), findet man in der unten angeführten Tabelle I zusammengestellt, wo das, einem jeden Procentgehalte entsprechende specifische Gewicht durch directe Versuche bestimmt und nicht interpolirt wurde.

Ure hat geglaubt, die Abhängigkeit des spec. Gewichtes vom Procentgehalt, bei der angeführten Temperatur, durch die Formel

$$\gamma = 285 \log s$$

ausdrücken zu können, wo $s$ das spec. Gewicht und $p$ die Menge wasserfreier Säure, welche in 100 Theilen der verdünnten Säure enthalten ist, bedeutet. Dafs inzwischen diese Formel höchstens nur für eine sehr verdünnte Säure gelten kann, ist leicht einzusehen. Betrachtet man nämlich $p$ als Abscisse und $s$ als Ordinate einer krummen Linie, so wird man, bei der Construction dieser Curve, nach Ure's Tabelle, finden, dafs dieselbe von $p=0$ bis etwa $p=59$ convex gegen die Abscissenaxe, dagegen concav gegen dieselbe ist von $p=59$ bis $p=81$, oder so weit die Beobachtungen reichen. Ungefähr bei $p=59$ hat also die Curve einen Wendepunkt, welches nicht mit der nach oben stehender Formel construirten Curve der Fall ist. Nachdem ich ein Paar andere Functionen versucht hatte, welche jedoch die Beobachtungen nicht ganz zufriedenstellend wiedergaben, bestimmte ich mich dieselbe nach der Formel

$$s = 1 + ap + bp^2 + cp^3 + dp^4 \; \ldots\ldots \; (1)$$

zu berechnen, wo $s$ das spec. Gewicht, $p$ die Menge was-

1) Handwörterbuch der practischen Chemie, von Ure. Weimar 1825. S. 145 ff.

2) In einigen Lehrbüchern wird die Temperatur bei diesen Versuchen gleich 25° $\frac{1}{3}$ C. angegeben; diefs mufs ein Mifsverständnifs oder ein Druckfehler seyn, da Ure an der angeführten Stelle ausdrücklich sagt, dafs das spec. Gewicht seiner concentrirten Säure bei 60° F. gleich 1,8485 sey, wie dasselbe in seiner Tabelle angegeben ist.

serfreier Säure, welche in *einem* Theil der Mischung enthalten ist, bedeuten, und *a*, *b*, *c*, *d* Constanten sind, deren wahrscheinlichste Werthe bestimmt werden sollen. Durch die Ungewifsheit über die relative Genauigkeit der Beobachtungen habe ich mich genöthigt gesehen, bei der Berechnung allen dasselbe Gewicht zu geben, und habe unter dieser Voraussetzung gefunden:

$$a = +1{,}017717$$
$$b = -1{,}589705$$
$$c = +4{,}980878$$
$$d = -3{,}628708.$$

Den Unterschied zwischen dem beobachteten und dem durch diese Werthe von *a*, *b*, *c*, *d* berechneten spec. Gewichte findet man in der vierten und achten Columne der folgenden Tabelle.

Tafel I.

| Schwefelsäurehydrat in 100 Th. | Wasserfreie Säure in 100 Th. | Spec. Gewicht, beobachtet. | Unterschied des beobachteten und berechneten spec. Gewichts. | Schwefelsäurehydrat in 100 Th. | Wasserfreie Säure in 100 Th. | Spec. Gewicht, beobachtet. | Unterschied des beobachteten und berechneten spec. Gewichts. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 100 | 81,540 | 1,8485 | —0,0206 | 84 | 68,493 | 1,7570 | +0,0039 |
| 99 | 80,743 | 1,8475 | — 173 | 83 | 67,678 | 1,7465 | + 3[illegible] |
| 98 | 79,909 | 1,8460 | — 141 | 82 | 66,863 | 1.7360 | + 2[illegible] |
| 97 | 79,094 | 1,8439 | — 109 | 81 | 66,047 | 1,7245 | + 1[illegible] |
| 96 | 78,278 | 1,8410 | — 82 | 80 | 65,232 | 1,7120 | — 9 |
| 95 | 77,463 | 1,8376 | — 50 | 79 | 64,417 | 1,6993 | — 3[illegible] |
| 94 | 76,648 | 1,8336 | — 30 | 78 | 63,601 | 1,6870 | — 49 |
| 93 | 75,832 | 1,8290 | — 7 | 77 | 62,786 | 1,6750 | — 6[illegible] |
| 92 | 75,017 | 1,8233 | + 9 | 76 | 61,970 | 1,6630 | — 7[illegible] |
| 91 | 74,202 | 1,8179 | + 31 | 75 | 61,155 | 1,6520 | — 74 |
| 90 | 73,386 | 1,8115 | — 1 | 74 | 60,340 | 1,6415 | — 70 |
| 89 | 72,570 | 1,8043 | + 58 | 73 | 59,524 | 1,6321 | — 57 |
| 88 | 71,755 | 1,7962 | + 63 | 72 | 58,709 | 1,6204 | — 60 |
| 87 | 70,939 | 1,7870 | + 59 | 71 | 57,893 | 1,6090 | — 62 |
| 86 | 70,124 | 1,7774 | + 54 | 70 | 57,078 | 1,5975 | — 66 |
| 85 | 69,309 | 1,7673 | + 46 | 69 | 56,262 | 1,5868 | — 60 |

| Schwefelsäurehydrat in 100 Th. | Wasserfreie Säure in 100 Th. | Spec. Gewicht, beobachtet. | Unterschied des beobachteten und berechneten spec. Gewichts. | Schwefelsäurehydrat in 100 Th. | Wasserfreie Säure in 100 Th. | Spec. Gewicht, beobachtet. | Unterschied des beobachteten und berechneten spec. Gewichts. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 68 | 55,447 | 1,5760 | —0,0057 | 34 | 27,724 | 1,2490 | +0,0044 |
| 67 | 54,632 | 1,5648 | — 56 | 33 | 26,908 | 1,2409 | + 41 |
| 66 | 53,816 | 1,5503 | — 90 | 32 | 26,093 | 1,2334 | + 44 |
| 65 | 53,001 | 1,5390 | — 91 | 31 | 25,277 | 1,2260 | + 47 |
| 64 | 52,185 | 1,5280 | — 89 | 30 | 24,462 | 1,2184 | + 47 |
| 63 | 51,370 | 1,5170 | — 88 | 29 | 23,646 | 1,2108 | + 45 |
| 62 | 50,555 | 1,5066 | — 81 | 28 | 22,831 | 1,2032 | + 43 |
| 61 | 49,739 | 1,4960 | — 78 | 27 | 22,016 | 1,1956 | + 40 |
| 60 | 48,924 | 1,4860 | — 67 | 26 | 21,200 | 1,1876 | + 32 |
| 59 | 48,109 | 1,4760 | — 59 | 25 | 20,385 | 1,1792 | + 19 |
| 58 | 47,293 | 1,4660 | — 51 | 24 | 19,570 | 1,1706 | + 3 |
| 57 | 46,478 | 1,4560 | — 57 | 23 | 18,754 | 1,1626 | — 7 |
| 56 | 45,662 | 1,4460 | — 39 | 22 | 17,399 | 1,1549 | — 15 |
| 55 | 44,847 | 1,4360 | — 32 | 21 | 17,124 | 1,1480 | — 15 |
| 54 | 44,032 | 1,4265 | — 22 | 20 | 16,308 | 1,1410 | — 17 |
| 53 | 43,216 | 1,4170 | — 14 | 19 | 15,493 | 1,1330 | — 29 |
| 52 | 42,401 | 1,4073 | — 8 | 18 | 14,673 | 1,1246 | — 46 |
| 51 | 41,585 | 1,3977 | — 2 | 17 | 13,862 | 1,1165 | — 60 |
| 50 | 40,770 | 1,3884 | + 4 | 16 | 13,046 | 1,1090 | — 67 |
| 49 | 39,955 | 1,3788 | + 8 | 15 | 12,231 | 1,1019 | — 71 |
| 48 | 39,139 | 1,3697 | + 14 | 14 | 11,416 | 1,0953 | — 69 |
| 47 | 38,324 | 1,3612 | + 26 | 13 | 10,600 | 1,0887 | — 68 |
| 46 | 37,508 | 1,3530 | + 39 | 12 | 9,785 | 1,0809 | — 78 |
| 45 | 36,693 | 1,3440 | + 44 | 11 | 8,969 | 1,0743 | — 76 |
| 44 | 35,878 | 1,3345 | + 41 | 10 | 8,154 | 1,0682 | — 68 |
| 43 | 35,062 | 1,3255 | + 45 | 9 | 7,339 | 1,0614 | — 66 |
| 42 | 34,247 | 1,3165 | + 42 | 8 | 6,523 | 1,0544 | — 66 |
| 41 | 33,431 | 1,3080 | + 47 | 7 | 5,708 | 1,0477 | — 60 |
| 40 | 32,616 | 1,2999 | + 55 | 6 | 4,892 | 1,0405 | — 61 |
| 39 | 31,801 | 1,2913 | + 54 | 5 | 4,077 | 1,0336 | — 56 |
| 38 | 30,985 | 1,2826 | + 52 | 4 | 3,262 | 1,0268 | — 49 |
| 37 | 30,170 | 1,2740 | + 49 | 3 | 2,446 | 1,0206 | — 34 |
| 36 | 29,354 | 1,2654 | + 46 | 2 | 1,631 | 1,0140 | — 22 |
| 35 | 28,539 | 1,2572 | + 45 | 1 | 0,815 | 1,0074 | — 8 |

Quadrirt man die Unterschiede $\Delta$ zwischen den beobachteten und berechneten Werthen des specifischen Gewichts, und nimmt man die Summe aller dieser Quadrate, so findet man die Summe der Fehlerquadrate $=0{,}003507$, und folglich den mittleren Fehler dieser Versuchsreihe gleich:

$$\varepsilon_2 = 0{,}0060,$$

oder den wahrscheinlichen Fehler einer einzelnen Beobachtung:

$$\delta = 0{,}0041.$$

Dieser Fehler scheint gröfser zu seyn, als man mit Grund erwarten sollte; und die Regelmäfsigkeit, mit welcher die Fehler $\Delta$ fortschreiten, scheint auch anzudeuten, dafs fünf Glieder der Formel I nicht hinreichen, um alle Beobachtungen vollständig auszudrücken. Da man aufserdem vermuthen mufs, dafs die gröfsten Beobachtungsfehler in der Bestimmung des spec. Gewichts für die höheren Concentrationsgrade liegen müssen, so habe ich nach derselben Formel die wahrscheinlichsten Werthe der Constanten $a$, $b$, $c$, $d$ für den convexen Theil der Curve, oder von $p=0$ bis $p=0{,}57$, berechnet, und gefunden:

$$\left.\begin{aligned} a &= +0{,}8358559 \pm 0{,}0030182 \\ b &= +0{,}0894304 \pm 0{,}0163718 \\ c &= +0{,}4867978 \pm 0{,}0218632 \\ d &= -0{,}0038314 \pm 0{,}0059963. \end{aligned}\right\} \dots\dots (A)$$

Berechnet man mit diesen Werthen das spec. Gewicht von $p=0$ bis $p=0{,}5708$, so erhält man folgende Tabelle.

### Tafel II.

Das spec. Gewicht der Schwefelsäure von $p=0$ bis $p=0{,}57$ bei der Temperatur $15^0\frac{5}{9}$ C.

| Schwefelsäurehydrat in 100 Th. | Wasserfreie Säure in 100 Th. | Specifisches Gewicht, berechnet. | Unterschied zwischen den beobacht. und berechnet. spec. Gewicht. nach Formel 1. | nach Formel 2. |
|---|---|---|---|---|
| 70 | 57,078 | 1,59634 | +0,00116 | +0,01025 |
| 69 | 56,262 | 1,58490 | + 190 | + 1000 |
| 68 | 55,447 | 1,57357 | + 243 | + 957 |
| 67 | 54,632 | 1,56237 | + 243 | + 867 |
| 66 | 53,816 | 1,55127 | — 97 | + 441 |
| 65 | 53,001 | 1,54031 | — 131 | + 328 |
| 64 | 52,185 | 1,52945 | — 145 | + 238 |
| 63 | 51,370 | 1,51871 | — 171 | + 142 |
| 62 | 50,555 | 1,50807 | — 147 | + 99 |
| 61 | 49,739 | 1,49754 | — 154 | + 29 |
| 60 | 48,924 | 1,48713 | — 113 | + 13 |
| 59 | 48,109 | 1,47681 | — 81 | — 23 |
| 58 | 47,293 | 1,46661 | — 61 | — 39 |
| 57 | 46,478 | 1,45650 | — 50 | — 74 |
| 56 | 45,662 | 1,44650 | — 50 | — 115 |
| 55 | 44,847 | 1,43660 | — 60 | — 163 |
| 54 | 44,032 | 1,42679 | — 30 | — 169 |
| 53 | 43,216 | 1,41708 | — 8 | — 180 |
| 52 | 42,401 | 1,40747 | — 17 | — 213 |
| 51 | 41,585 | 1,39795 | — 25 | — 216 |
| 50 | 40,770 | 1,38853 | — 13 | — 257 |
| 49 | 39,955 | 1,37919 | — 39 | — 302 |
| 48 | 39,139 | 1,36994 | — 24 | — 303 |
| 47 | 38,324 | 1,36079 | + 51 | — 250 |
| 46 | 37,508 | 1,35171 | + 129 | — 173 |
| 45 | 36,693 | 1,34272 | + 128 | — 181 |
| 44 | 35,878 | 1,33381 | + 69 | — 246 |
| 43 | 35,062 | 1,32499 | + 31 | — 267 |
| 42 | 34,247 | 1,31624 | + 26 | — 293 |
| 41 | 33,431 | 1,30738 | + 62 | — 275 |
| 40 | 32,616 | 1,29898 | + 92 | — 223 |
| 39 | 31,801 | 1,29043 | + 87 | — 226 |
| 38 | 30,985 | 1,28202 | + 58 | — 243 |
| 37 | 30,170 | 1,27365 | + 35 | — 332 |
| 36 | 29,354 | 1,26535 | + 49 | — 280 |

| Schwefelsäurehydrat in 100 Th. | Wasserfreie Säure in 100 Th. | Specifisches Gewicht, berechnet. | Unterschied zwischen den beobacht. und berechnet. spec. Gewicht nach Formel I | | [illegible] | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 35 | 28,539 | 1,2571[illegible] | [illegible] | [illegible] | — | 0,00266 |
| 34 | 27,724 | 1,248[illegible] | [illegible] | 5 | — | 257 |
| 33 | 26,908 | 1,24085 | + | 5 | — | 244 |
| 32 | 26,093 | 1,23282 | + | 58 | — | 176 |
| 31 | 25,277 | 1,22484 | + | 116 | — | 103 |
| 30 | 24,462 | 1,21693 | + | 147 | — | 56 |
| 29 | 23,646 | 1,20908 | + | 172 | — | 14 |
| 28 | 22,831 | 1,20128 | + | 192 | + | 22 |
| 27 | 22,016 | 1,19354 | + | 206 | + | 54 |
| 26 | 21,200 | 1,18586 | + | 174 | + | 40 |
| 25 | 20,385 | 1,17822 | + | 98 | — | 19 |
| 24 | 19,570 | 1,17064 | — | 4 | — | 103 |
| 23 | 18,754 | 1,16311 | — | 51 | — | 133 |
| 22 | 17,399 | 1,15563 | — | 73 | — | 137 |
| 21 | 17,124 | 1,14819 | — | 19 | — | 66 |
| 20 | 16,308 | 1,14080 | + | 20 | — | 11 |
| 19 | 15,493 | 1,13345 | — | 45 | — | 30 |
| 18 | 14,673 | 1,12614 | — | 154 | — | 155 |
| 17 | 13,862 | 1,11888 | — | 238 | — | 226 |
| 16 | 13,046 | 1,11165 | — | 265 | — | 238 |
| 15 | 12,231 | 1,10446 | — | 256 | — | 220 |
| 14 | 11,416 | 1,09731 | — | 201 | — | 150 |
| 13 | 10,600 | 1,09019 | — | 149 | — | 89 |
| 12 | 9,785 | 1,08310 | — | 220 | — | 152 |
| 11 | 8,969 | 1,07604 | — | 174 | — | 100 |
| 10 | 8,154 | 1,06901 | — | 81 | — | 3 |
| 9 | 7,339 | 1,06201 | — | 61 | + | 20 |
| 8 | 6,523 | 1,05504 | — | 64 | + | 18 |
| 7 | 5,708 | 1,04809 | — | 39 | + | 42 |
| 6 | 4,892 | 1,04116 | — | 66 | + | 11 |
| 5 | 4,077 | 1,03426 | — | 66 | + | 5 |
| 4 | 3,262 | 1,02737 | — | 57 | + | 5 |
| 3 | 2,446 | 1,02051 | + | 9 | + | 60 |
| 2 | 1,631 | 1,01366 | + | 34 | + | 72 |
| 1 | 0,815 | 1,00682 | + | 58 | + | 78 |

Die Summe der Fehlerquadrate findet sich nach der vierten Columne obiger Tabelle gleich 0,000102088, also der mittlere Fehler:

$$\varepsilon_2 = 0{,}001244$$

Das spec. Ge[illegible]rscheinliche Fehler einer einzelnen Beob-
[illegible]

Specifisches [illegible]084.

Bedenkt man alle Unsich[illegible]n und Fehlerquellen, denen diese Beobachtungen unterworfen sind, so wird man kaum befürchten können, dafs dieser Fehler aufserhalb der Gränzen der unvermeidlichen Beobachtungsfehler fällt, und ich nehme deshalb an, dafs die angewendeten fünf ersten Glieder der Reihe I diesen Theil von Ure's Beobachtungen mit hinreichender Genauigkeit ausdrücken.

Da jedoch die logarithmische Formel einige Vortheile in der Anwendung besitzt, so habe ich zur Vergleichung auch dieselben 70 Beobachtungen nach der Formel

$$\log s = ap \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

berechnet, und den wahrscheinlichsten Werth der Constanten $a = 0{,}3515280 \pm 0{,}0002102$ gefunden. Die Summe der Quadrate der Fehler von $\log s$ ist gleich 0,000052053, und folglich der mittlere Fehler $= 0{,}0008685$.

Der Unterschied zwischen den beobachteten und den nach dieser Formel berechneten Werthen von $s$ ist in der fünften Columne der obigen Tafel angeführt, und man findet die Summe der Fehlerquadrate $= 0{,}000618695$, mithin den mittleren Fehler nach dieser Formel:

$$\varepsilon_2 = 0{,}00299,$$

und die wahrscheinlichen Fehler einer einzelnen Beobachtung:

$$\delta = 0{,}00202.$$

Die Genauigkeit der Formel 2 verhält sich also zur Genauigkeit der Formel 1 wie 1 zu 2,4.

Dafs die nach meiner Formel berechneten Werthe des spec. Gewichts nicht viel von den wahren abweichen, oder dafs der Unterschied zwischen den berechneten und beobachteten Werthen innerhalb der Gränzen der Beobachtungsfehler liegt, zeigt sich deutlich, wenn

man die Resultate von Ure's und Parkes's [1]) Versuchen mit einander vergleicht, die beide mit beinahe gleichen Genauigkeit angestellt zu seyn scheinen. Ich habe beide Versuchsreihen nach der Formel:

$$\log s = a P$$

berechnet, wo $P$ die Menge des Schwefelsäurehydrats bedeutet, welche *ein* Theil der Mischung enthält.

Parkes's Versuche geben (38 Beobachtungen) den wahrscheinlichsten Werth von

$$a = 0{,}282437 \pm 0{,}000318$$

mit einem mittleren Fehler von $\log s$ gleich

$$\varepsilon_2 = 0{,}00037,$$

und Ure's Versuche geben (30 Beobachtungen)

$$a = 0{,}285432 \pm 0{,}000236$$

$$\varepsilon_2 = 0{,}00034.$$

Da die von Parkes angewendete Säure, deren in der Mischung enthaltende Gewichtsmenge ich mit $P$ bezeichnet habe, ein spec. Gewicht von 1,8494, und die von Ure angewendete ein spec. Gewicht von 1,8485 hatte, und da beide Versuchsreihen bei derselben Temperatur von 60° F. angestellt sind, so sollte man erwarten, dafs das spec. Gewicht nach Parkes's Versuchen für jeden Werth von $P$ etwas gröfser als nach Ure's gefunden werden sollte. Diefs ist auch der Fall bei den höheren Concentrationsgraden, bis $P$ ungefähr gleich 0,68 ist; aber für eine mehr verdünnte Säure zeigen oben stehende Werthe von $a$, dafs das spec. Gewicht nach Parkes's Versuchen geringer gefunden wird, als nach Ure's. Der Unterschied zwischen beiden ist für $P = 0{,}3$ gleich 0,0025, also drei Mal gröfser als der vorhin gefundene wahrscheinliche Fehler einer einzelnen Beobachtung. Man mufs deswegen wohl annehmen, dafs entweder eine dieser Versuchsreihen, oder vielleicht beide, an einer constanten Fehlerquelle leiden.

Das

1) *Chemical Essays, Vol. I p.* 504; und Schubarth's Handbuch der technischen Chemie, Bd. I S. 167.

Das Mittel von Ure's und Parkes's Versuchen giebt innerhalb der angegebenen Gränze:

$$a = 0{,}284737 \pm 0{,}000214.$$

Ich habe auch versucht diejenigen von Ure's Beobachtungen, welche den concaven Theil der Curve (von $p = 0{,}57$ bis $p = 0{,}8154$) ausdrücken, nach der Formel 1 zu berechnen; aber diese Rechnung führte zu keinem brauchbaren Resultate, da die Coëfficienten in denjenigen Gleichungen, von welchen die wahrscheinlichsten Werthe für die Constanten $a$, $b$, $c$, $d$ gefunden werden sollten, ein solches Verhältnifs zu einander bekommen, dafs die Aufgabe unbestimmt wird. In practischer Hinsicht ist auch dieser Theil der Tabelle über das spec. Gewicht der Schwefelsäure von geringerer Wichtigkeit, da man stets den Procentgehalt jeder mehr concentrirten Säure dadurch bestimmen kann, dafs man dieselbe mit einer bekannten Menge Wasser vermischt, bis sie innerhalb der Gränzen unserer Tabelle gelangt; indem man nun das spec. Gewicht dieser Mischung beobachtet, und daraus ihren Procentgehalt ableitet, kann man leicht den Gehalt der ersten Flüssigkeit an wasserfreier Säure berechnen.

Man nimmt gewöhnlich an, dafs sich die Schwefelsäure nur in fünf bestimmten Verhältnissen mit Wasser chemisch verbinden könne, oder mit anderen Worten, dafs es nur fünf bestimmte Hydrate der Schwefelsäure gebe. Einige Chemiker haben jedoch neuerlich einen hinreichenden Grund zur Annahme zu finden geglaubt, dafs es auch eine Verbindung von 1 Aequivalent Säure mit 6 Aequivalenten Wasser gebe.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Da nun 100 Th. | $\dddot{S}\,\dot{H}$ | enthalten | 81,68 | Th. Wasser |
| | $\dddot{S}\,2\dot{H}$ | - | 69,02 | - - |
| | $\dddot{S}\,3\dot{H}$ | - | 59,76 | - - |
| | $\dddot{S}\,6\dot{H}$ | - | 42,61 | - - |

$$x = 0,7630667 \pm 0,0020280,$$

welches folgende Werthe für das specifische Gewicht giebt:

| 100 $p$. | $S$. | $\Delta$. |
|---|---|---|
| 16,31 | 1,14212 | −0,00112 |
| 15,49 | 1,13407 | − 107 |
| 14,67 | 1,12612 | − 152 |
| 13,86 | 1,11829 | − 179 |
| 13,05 | 1,11056 | − 156 |
| 12,23 | 1,10294 | − 104 |
| 11,42 | 1,09542 | − 12 |
| 10,60 | 1,08801 | + 70 |
| 9,79 | 1,08069 | + 22 |
| 8,97 | 1,07347 | + 83 |
| 8,15 | 1,06635 | + 185 |
| 7,34 | 1,05932 | + 208 |
| 6,52 | 1,05238 | + 102 |
| 5,71 | 1,04554 | + 116 |
| 4,89 | 1,03878 | + 172 |
| 4,08 | 1,03211 | + 149 |
| 3,26 | 1,02552 | + 128 |
| 2,45 | 1,01902 | + 158 |
| 1,63 | 1,01260 | + 140 |
| 0,82 | 1,00626 | + 114 |

Die Summe der Fehlerquadrate nach dieser Tafel ist 0,000035332, also der mittlere Fehler gleich 0,00136. Dieser mittlere Fehler ist gröſser als nach irgend einer der beiden andern Formeln 1 und 2 für diese zwanzig Beobachtungen. Ja selbst wenn man sich auf die beiden ersten Potenzen von $p$ beschränkt, und $s$ nach der Formel

$$s = 1 + ap + bp^2$$

berechnet, wo die wahrscheinlichsten Werthe von $a$ und $b$ folgende sind:

$$a = 0,806049$$
$$b = 0,298483,$$

ist der mittlere Fehler in derselben Versuchsreihe nur

0,00085. Aufserdem zeigt die Beständigkeit der zur $\Delta$ gehörigen Vorzeichen, dafs die Formel bei (4) nicht die Beobachtungen ausdrücken kann. Ferner da

$$x = \frac{s' - 1}{s' \pi},$$

wo $\pi = \frac{p}{p'}$, die Menge wasserfreier Säure bedeutet, welche das Hydrat, das den einen Bestandtheil der Mischung ausmacht, enthält, und $s'$ das spec. Gewicht dieses Hydrats, so sieht man aus obenstehender Tafel, dafs $\pi$ ungefähr gleich 0,1137 seyn müfste, welches zu dem ungereimten Resultate führt, dafs ein Theil verdünnte Schwefelsäure, welche z. B. 0,16 Theile $\dddot{S}$ enthält, eine Mischung von Wasser mit einem Hydrat seyn würde, das blofs 0,11 Theile $\dddot{S}$ enthält.

Man mufs es deshalb für bewiesen erachten, dafs wenn man zu einer noch so sehr mit Wasser verdünnten Schwefelsäure mehr Wasser von derselben Temperatur hinzusetzt, beide Flüssigkeiten so auf einander wirken werden, dafs das Volum der Mischung, wenn dieselbe wieder die ursprüngliche Temperatur angenommen hat, geringer wird als die Summe der Volume beider Bestandtheile. Worin die Ursache dieser Volumsverminderung bestehe, und von welcher Beschaffenheit die gegenseitige Einwirkung der beiden Flüssigkeiten sey, mag einstweilen dahingestellt bleiben.

## VII. *Ueber den Nebenstrom im getheilten Schliefsungsdrahte der Batterie;*
*von K. W. Knochenhauer.*

In meinem letzten Aufsatze über die Stärke des Nebenstroms stellte ich am Schlusse den Satz auf, dafs die Ladung der Batterie bei ihrem Eintritt in einen geschlossenen Ring, oder, was dasselbe ist, bei einem getheilten Schliefsungsdrahte sich nicht nach dem Gesetze des galvanischen Stroms in zwei Theile zerspalte, sondern allein durch den kürzeren Bogen gehe, in dem längeren dagegen einen Nebenstrom inducire. Auf diesen Satz führte mich einestheils die von mir aufgestellte Formel über die Stärke des Nebenstroms, anderntheils die Beobachtung, dafs die elektrischen Figuren beim wahren Nebenstrom sowohl als in der längeren Nebenschliefsung in gleicher Ordnung auftraten, und also, nach der Annahme von Riefs, in der letzteren einen entgegengesetzten Strom postulirten, als wie er bei einer Theilung entstehen würde. Nun habe ich mich zwar durch Versuche überzeugt, dafs man aus den elektrischen Figuren keinen sichern Schlufs auf die Richtung des Stromes machen könne, denn wenn ich die Spitze, aus welcher Riefs negative Elektricität sammelte, dem Knopfe eines Elektrometers nahe brachte, so erhielt ich constant eine positive Ladung; ja ich mochte noch isolirte Zwischenleiter einschieben und die Anordnung ändern, wie ich nur wollte, dieser Erfolg blieb überall derselbe. Allein die Figuren belegen doch jedenfalls die unveränderte Richtung des Stromes, und die ziemliche Uebereinstimmung der beobachteten Erwärmung mit der durch die Formel gefundenen Constanten wies noch immer auf dieselbe Folgerung hin, so dafs mir eine nähere Untersuchung des Satzes nothwendig erschien.

Die neuen Versuche nun, die ich hierüber anstellte, haben mich auf eine solche Anzahl neuer Thatsachen geführt, und diese haben sich bei veränderten Verhältnissen so veränderlich gezeigt, dafs ich mit meiner bisherigen Einrichtung der Apparate das ganze Gebiet unmöglich erschöpfen konnte. Es wird mir demnach, in Betracht der verwickelten Erscheinungen, wohl erlaubt seyn, vorläufig diejenigen Thatsachen darzulegen, welche das Daseyn eines wahren Nebenstroms im getheilten Schliefsungsdrahte der Batterie beweisen, und die übrigen Untersuchungen über die Gröfse dieses Nebenstroms späterhin nachzuliefern, wozu ich mir bereits die noch erforderlichen Instrumente angeschafft habe.

Bei meinen Versuchen ging ich wieder von einer Messung des Nebenstroms aus, wie ich sie schon früher angestellt habe; nur suchte ich jetzt die wirkenden Drähte noch länger zu machen. Ich nahm hierzu zwei Gestelle, von denen das eine zwei starke horizontale Glasstäbe trug, etwas über einen Fufs von einander entfernt; das andere enthielt eben solche zwei Glasstäbe, und aufserdem in einiger Entfernung zwei runde Holzstäbe. An den einen befestigte ich mittelst einer seidenen Schnur die beiden Kupferdrähte, führte sie über die beiden oberen Glasstäbe der auf 14′ etwa von einander stehenden Gestelle, dann zurück über die untern, und spannte sie nun über den unteren Holzstab durch starke Gewichte an seidenen Schnüren; die Länge der so gespannten Drähte betrug $28\frac{3}{4}$ Fufs Par. Maafs, und ihr Durchmesser war 0‴,279, bei welcher Stärke die gehörige Spannung leicht erzielt werden konnte. Von den Enden der beiden Drähte gingen Verbindungsdrähte gleichen Materials und gleicher Stärke von dem einen nach rechts, von dem andern nach links durch die Seitenwände des Gestelles, hiervon durch hinreichend lange Glasröhren isolirt. Die Enden des erregten Drahtes für den Nebenstrom führten unmittelbar in das von mir schon früher

beschriebene Luftthermometer $N$; von den beiden Enden des erregenden Drahtes stand das eine mit der einen Kugel des Ausladers in Verbindung (die andere Kugel ging zur Innenseite der Batterie von vier Flaschen); das andere wurde mit einem Kupferdrahte verbunden, der quer durch das Gestell in einer Glasröhre ging, hierauf durch ein zweites Luftthermometer führte, dann in einer neuen Glasröhre wieder durch das Gestell verlief, und nun auf die Aufsenseite der Batterie führte. Ueberall war für gehörige Isolirung der Drähte gesorgt, und zu ihrer Verbindung waren an ihre Enden runde durchbohrte Kupferplatten gelöthet, die durch runde messingene Klemmschrauben ganz fest an einander gedrückt wurden. Das zweite Luftthermometer besafs eine gläserne Kugel, und wurde, da mir die Einrichtung nicht ganz zusagte, noch durch Wachs auf seinen Fugen vollkommen luftdicht geschlossen. Ich werde dieses Thermometer mit $H_1$ bezeichnen, zum Unterschiede gegen später, wo ein neuer Platindraht eingezogen werden mufste. Nachdem nun die Kugeln des Henley'schen Ausladers durch ihre Schrauben in eine bestimmte, feste Entfernung von einander gebracht waren, ging ein und derselbe Schlag der Batterie erst durch den erregenden Draht von 28′ 9″ Länge, und kehrte durch das Luftthermometer $H_1$ zur Aufsenseite der Batterie zurück; der Nebenstrom des erregten Drathes ging durch $N$. Ich bemerke noch, dafs die Angaben von $H_1$ nicht differirten, wenn die Ladung erst durch das Thermometer und dann durch den gespannten Draht, oder wenn sie nach der obigen Einrichtung verlief. Zwei Beobachtungen an verschiedenen Tagen im Mittel aus fünf Notirungen, vor- und rückwärts genommen, ergaben, wenn die Distanzen der Drähte im Lichten zu $1d$ $=3$ Par. Lin. gemessen wurden, erstens folgende Reihe:

| $d$. | $N$ beobachtet. | $N$ berechnet. | $H_1$ beobachtet. | Verlust in $H_1$. |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 7,25 | 7,29 | 13,38 | 2,28 |
| 2 | 5,27 | 5,26 | 14,28 | 1,36 |
| 4 | 3,23 | 3,31 | 14,66 | 0,98 |
| 6 | 2,25 | 2,32 | 14,88 | 0,78 |
| 9 | 1,52 | 1,50 | 15,16 | 0,48 |

Daraus $log\ a = 0{,}6571030 - 1$ , $A = 16{,}05$.

War der Nebendraht ungeschlossen oder offen, zeigte $H_1 = 15{,}64$; lagen beide Drähte an einander mit umwickelten Enden, so war $H_1 = 11{,}80$ und $N = 21{,}08$. Eine Vergleichung beider Thermometer ergab:

$8{,}53\ H_1 = 30{,}29\ N$ also $1\ H_1 = 3{,}55\ N$
$5{,}05\ H_1 = 19{,}40\ N$ - $1\ H_1 = 3{,}85\ N$
$3{,}54\ H_1 = 14{,}04\ N$ - $1\ H_1 = 3{,}94\ N$.

Die zweite Beobachtungsreihe ist folgende:

| $d$. | $N$ beobachtet. | $N$ berechnet. | $H_1$ beobachtet. | Verlust in $H_1$. |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 7,57 | 7,63 | 15,50 | 2,69 |
| 2 | 5,50 | 5,54 | 16,38 | 1,81 |
| 4 | 3,50 | 3,53 | 17,18 | 1,01 |
| 6 | 2,45 | 2,50 | 17,44 | 0,75 |
| 9 | 1,63 | 1,63 | 17,84 | 0,35 |

Daraus $log\ a = 0{,}6654234 - 1$ , $A = 16{,}48$.

Bei offenem Nebendraht war $H_1 = 18{,}19$; beide Drähte verbunden $H_1 = 14{,}30$ und $N = 23{,}12$. Als der erregende Draht (von 345 Zoll Länge) ohne Nebendraht war, gingen in die Verbindung mit $H_1$ noch 128 Zoll Kupferdraht ein. Ferner wurden folgende Messungen gemacht: Die beiden Drähte wurden neben einander verbunden, aber die Enden des Nebendrahtes offen gelassen, zur Verbindung mit $H_1$ gehörten wieder 128 Zoll Draht, und $H_1$ gab 20,38; als beide Drähte, $H_1$ und $N$, mit 128 Zoll Draht hinter einander geschlossen waren, zeigte $H_1 = 9{,}42$, $N = 32{,}96$, also $1\ H_1 = 3{,}50\ N$. Die Batterie blofs durch $H_1$ und 100 Zoll Draht entladen,

fand sich $H_1 = 26{,}35$; endlich $H_1$, $N$ mit 115 Zoll Draht verbunden, $H_1 = 10{,}50$, $N = 36{,}25$, demnach $1 H_1 = 3{,}45\ N$. Eben so bei genäherten Kugeln des Ausladers noch:

$H_1 = 4{,}62$ , $N = 18{,}00$, daraus $1 H_1 = 3{,}89\ N$

$H_1 = 1{,}75$ , $N = 6{,}97$, - $1 H_1 = 3{,}98\ N$.

Die Angaben des Thermometers $N$ wurden zunächst nach der schon mitgetheilten Formel

$$N = A a^{\sqrt{n}}$$

berechnet, worin $n$ die Distanzen $d$ bezeichnet. Neu hinzugekommen sind nur die Beobachtungen von $H_1$, dessen Angaben durch den Nebenstrom verringert werden; der Verlust findet sich durch Subtraction der jedesmaligen Beobachtung von den Angaben bei ungeschlossenem Nebenstrom. Die Vergleichung der beiden Thermometer giebt das auffallende Resultat, dafs die Verhältnifszahlen sich mit wachsender Stromstärke verringern. Ich untersuchte deshalb die beiden Röhren durch einen eingelassenen Quecksilberfaden, fand sie aber beide ganz gut calibrirt. Die Differenz mag demnach nur dadurch erklärt werden, dafs bei der ungleichen Weite der Röhren und bei den sehr verschiedenen Distanzen, auf welche die Flüssigkeit zurückgedrängt wird, die Reibung an den Wänden sich ungleich äufsert, namentlich scheint diefs am stärksten hervorzutreten, wenn $N$ sehr hohe Grade angiebt, wo selbst bei seinem etwas langsameren Gange leicht eine Abkühlung eintreten kann. Da übrigens an $N$ nie Werthe über 20 Grad abgelesen wurden, so will ich für die Verhältnifszahl das Mittel aus den vier Beobachtungen innerhalb dieser Gränzen nehmen und setzen:

$$1 H_1 = 3{,}91\ N.$$

Die merkwürdigste Thatsache nun, welche aus den obigen Beobachtungen hervorgeht, und die den Anfangspunkt zu den nachfolgenden Untersuchungen bildet, ist diese: Die Entladung der Batterie tritt nach dem

Uebergang über die Kugeln des Ausladers in eine gespaltene Leitung ein; sie kann sowohl dem 345 Zoll langen doppelten Kupferdraht nachgehen, als auch durch das Luftthermometer $N$ und 44 Zoll einfachen Drahtes. Beide Leitungen vereinigen sich wieder, und führen durch das Thermometer $H_1$ nach der Aufsenseite der Batterie; die Nebenleitung durch $N$ kann dabei durch Oeffnen eliminirt werden. Die zweite Beobachtungsreihe giebt hier

bei geöffnetem $N$ $H_1=20{,}38$,

bei geschlossenem $N$ $H_1=14{,}30$ und $N=23{,}12$.

Hieraus folgt unmittelbar: Geht der elektrische Strom durch eine einfache Leitung, so giebt er, je nach seiner Stärke, eine bestimmte Erwärmung; kann er dagegen durch eine doppelte Leitung hindurchgehen, so wird er nicht wie der galvanische Strom verstärkt, sondern sinkt bedeutend in seinem Werthe, während sich in der Nebenleitung ein anderer Strom kund giebt. Am nächsten möchte man veranlafst seyn, an eine Interferenz der Ströme zu denken, und gerade deshalb schaltete ich das Thermometer $H_1$ vor die gespaltene Leitung ein; es gab indefs dieselben Zahlen, also wäre schon eine Interferenz vor dem doppelten Strome vorhanden. Wie weit aber zu einer solchen Annahme sicherer Grund vorhanden ist, giebt am besten die Berechnung nach der Ohm'schen Formel zu erkennen. Bezeichnen wir die Kraft der Ladung mit $a$, den Widerstand des Thermometers $H_1$ sammt der unveränderlichen Verbindungstheile mit 1, des Thermometers $N$ mit $R$, eines Zolls Kupferdraht mit $b$ und den Widerstand des gespannten Doppeldrahts mit $W$, da dieser wegen eines kleinen Nebenstroms nicht ganz mit einem Drahte von zweifacher Stärke übereinkommt, so bieten die vorstehenden Beobachtungen folgende fünf Gleichungen dar:

$$\frac{a}{1+100b}=26{,}35 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

$$\frac{a}{1+473b}=18{,}19 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

$$\frac{a}{1+128\,b+W}=20{,}38 \quad \ldots\ldots (3)$$

$$\frac{a}{1+115\,b+R}=10{,}50 \quad \ldots\ldots (4)$$

$$\frac{a}{1+128\,b+R+W}=9{,}42 \quad \ldots\ldots (5)$$

aus denen $a$, $b$, $W$ und $R$ bestimmt werden können.

Die Verbindung von (1) und (2) giebt:

$$b = 0{,}001363$$
$$a = 29{,}94,$$

demnach (3):

$$W = 0{,}294$$

und (4):

$$R = 1{,}695,$$

mit welchen Werthen aus (5) $a=29{,}79$ folgt, also nur wenig abweichend. Nach Ohm's Formel ist aber:

$$H_1 = \frac{a}{1+128b+\frac{W(R+44b)}{W+R+44b}} = \frac{29{,}87}{1+0{,}174+0{,}252} = 20{,}95$$

(statt 14,30)

und:

$$N = \frac{W}{W+R+44b}H_1 = 0{,}143 H_1 = 3{,}006 \text{ in Graden von}$$

$H_1$, höchstens 12,00 (statt 23,12).

An eine Interferenz kann bei diesen Zahlen, die sich wenig von ihrem wahren Werthe entfernen möchten, gar nicht gedacht werden, sondern es mufs irgend ein anderes Verhältnifs zum Grunde liegen, das gar nicht unter das Ohm'sche Gesetz gehört.

Um dieses Verhältnifs näher zu ermitteln, schaltete ich zunächst in die Nebenleitung durch $N$ verschiedene Drähte ein, damit ihr verschiedener Widerstand den ihnen jedesmal entsprechenden Einflufs ausüben könnte. Ich liefs mir hierzu aus demselben Stücke Neusilber (von Schneeberg bezogen) vier verschiedene starke Drahtsorten ziehen; vier gleiche Stücke, von 8 Zoll 7 Lin. Länge, wogen von No. I 0,929 Grm., von No. II 0,541 Grm.,

von No. III 0,285 Grm., und von No. IV 0,240 Grm. Das specifische Gewicht fand ich aus zwei Versuchen = 9,10. Demnach sind die Durchmesser der Drähte No. I, II und IV 0''',332; 0''',253; 0''',169, und ihrem Leitungswiderstande nach sind 8' von No. I = 4',659 von No. II = 2',067 von No. IV. Ich machte aus diesen Drähten sieben Spiralen, die ich in hinreichend weiten Windungen auf Glasröhren wickelte und gehörig mit Schellack überzog; an die Enden wurden kleine Stücke starken Kupferdrahts gelöthet, um die späteren Verbindungen sicherer herzustellen. Die Spiralen waren:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| I | von | 2' Draht | No. I, | Leitungswiderstand | 1 fach |
| II | - | 4' | - - I, | - - | 2 - |
| III | - | 8' | - - I, | - - | 4 - |
| IV | - | 4' 7'' 11''' | - II, | - - | 4 - |
| V | - | 2' 0'' 9''',5 | - III, | - - | 4 - |
| VI | - | 4' 1'' 7''',0 | - III, | - - | 8 - |
| VII | - | 8' 3'' 2''',0 | - III, | - - | 16 - |

Aufserdem verfertigte ich aus 12' des bisher erwähnten Kupferdrahts eine Spirale VIII; es wogen 21'' 6''',3 dieses Drahts 1,582 Grm., was bei einem spec. Gewicht von 8,74 einen Durchmesser von 0''',279 ergiebt. Zum bequemen Einschalten dieser Spiralen in die Nebenleitung durch *N* führte ich nur das eine Drahtende vom gespannten Draht aus in das Thermometer, das andere in ein durch einen langen gläsernen Fufs gut isolirtes Glasgefäfs mit Quecksilber. Dieser Gefäfse hatte ich vier; aus einem zweiten ging ein neuer Draht in das Thermometer, und zwischen beide Gefäfse kamen entweder die Spiralen oder ein kurzer, dicker, kupferner Bügel, der den an die Enden der Spiralen gelötheten Kupferstücken entsprach. Die Nebenleitung erhielt hierdurch aufser *N* noch 70 Zoll Kupferdraht. Ich machte drei Versuchsreihen zu je fünf einzelnen Beobachtungen; die beiden Thermometer wurden theils gleichzeitig, theils zur sicheren Controle hinter einander von mir allein beob-

Aus (1) und (12) folgt auf einen Zoll Kupferdraht der Widerstand $b=0{,}00119$ und $a=14{,}41$, aus (1) und (8) $b=0{,}00129$, im Mittel $b=0{,}00124$, also etwas kleiner als früher, aber sicher hier genauer. Nimmt man diesen Werth in (2) bis (7) mit Ausschlufs von (5), so findet sich der Widerstand von 2′ Neusilber No. I $=0{,}07456$ und $a=14{,}21$; damit ist $R$ (der Widerstand von $N$) nach (10) $=1{,}738$ und des eisernen Drahtes $=0{,}5448$, endlich $W$ der Widerstand des doppelten Kupferdrahts $=0{,}252$. Diese Werthe weichen nur etwas von den früher angegebenen ab, wenigstens nirgends bedeutender, als es die Umstände bei den Beobachtungen gestatten; denn bei $W$ mufs in Betracht gezogen werden, dafs ich jetzt die langen Drähte an mehren Stellen mit Seide fest verbunden und dadurch den kleinen Nebenstrom geschwächt hatte. Wir haben das relative Leitungsvermögen des Kupfers $=100$ gesetzt, Neusilber $=28{,}2$, Eisen $=30{,}9$. Merkwürdig ist freilich dieses Verhältnifs, liegt aber in dem sicher sehr unreinen Kupfer begründet, das, wie spätere Messungen ergeben werden, nur $\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{3}$ so gut als reineres leitet; die Zahl beim Eisendraht mag übrigens bei nur einer Versuchsreihe etwas ungenau seyn. Nun geben 12′ Kupferdraht einen Leitungswiderstand $=0{,}1786$, so dafs Spirale VIII zwischen II und III tritt; in der obigen Tabelle dagegen wirkt sie zwischen Spirale VI und VII.

Indem ich mir zuvörderst ein Gesetz über die Wirkung der eingeschalteten Drähte auf $N$ herausbilden wollte, schien mir das einfachste dieses zu seyn, dafs jeder Draht, abgesehen von seinem Material, proportional seiner Länge schwäche und umgekehrt im Verhältnifs zu seiner Oberfläche; denn hiernach ordnen sich die Spiralen in die Reihe: I, II, V, IV, III, VI, VIII, VII, welche Reihe ziemlich genau den obigen Beobachtungen entspricht. Ueberzeugt von der Richtigkeit dieses Gesetzes hatte ich eben den Eisendraht von 10′ 10″ 7‴,5 genommen, der

gerade 11′ Kupferdraht repräsentiren würde, und wollte ihn, über einige Glasstäbe weitläufig geschlungen, zu den ferneren Beobachtungen als weiteren Beleg hinzuziehen; er mufste etwas weniger als Spirale VIII einwirken. Ich ging eben dazu über, auf verschiedenen Strecken des doppelten Kupferdrahts die Nebenleitung durch *N* abzuzweigen, damit der eine Theil der gespaltenen Leitung veränderlich, der andere durch *N* constant bliebe. Die Art, wie meine Drähte ausgespannt waren, erlaubte mir diese Sache mit Leichtigkeit auszuführen. Da nämlich die Drähte nach 12′ etwa sich umbogen, so nahm ich zwei kupferne Drähte mit Klemmschrauben, und schraubte sie an zwei übereinanderliegenden Stellen der gespannten und hier noch mit etwas Stanniol umwickelten Drähte fest, so dafs, während der Tisch mit dem Thermometer *N* fortrückte, nach und nach die Nebenleitung auf 4, 8, 12 ... Fufs der gespannten Drähte abgezweigt wurde. Die Drähte durch *N* waren zusammen 56 Zoll lang; die Beobachtungen ergeben folgende Mittelwerthe:

| *D.* | Einschalt. | *N.* | $H_1$. |
|---|---|---|---|
| 4′ | 0 | 2,25 | 13,87 |
| 8′ | 0 | 6,00 | 12,75 |
| | VII | 3,50 | 13,42 |
| | VII | 2,25 | 13,00 |
| | VIII | 2,83 | 13,75 |
| | E | 1,54 | 13,75 |
| 12′ | 0 | 9,50 | 11,92 |
| | III | 6,00 | 12,92 |
| | VII | 4,29 | 12,70 |
| | VIII | 5,00 | 13,25 |
| | E | 3,04 | 13,25 |
| 16′ | 0 | 11,90 | 11,00 |

Die Columne unter *D* giebt die Länge des Doppeldrahts an, bei welcher die Abzweigung stattfand; im Uebrigen sind die Bezeichnungen die früheren, nur dafs E der Kürze wegen für den genannten Eisendraht ge-

setzt ist. Ich mochte die Reihe nicht weiter fortsetzen, da sich die Wirkung von E überall unter Spirale VII stellt, und dennoch entweder das gewonnene Gesetz falsch seyn mufste, oder die Drähte wirkten in der Spiralform anders als im freien Zustande. Um sicher zu gehen, machte ich einen Probeversuch gerade wie früher, wobei der ganze Doppeldraht die eine Seite der getheilten Leitung bildete, und nahm, weil mir kein Neusilberdraht von den bisher gebrauchten Sorten zur Hand war, einen feinen Draht von No. III, 8′ lang, der also etwas weniger als Spirale VII schwächen mufste, wenn anders die Spiralform nichts schadete. Es ergab sich:

| Einschaltung. | $N.$ | $H_1$. |
|---|---|---|
| 0 | 15,92 | 9,75 |
| VI | 12,54 | |
| VII | 9,79 | |
| VIII | 11,00 | |
| E | 8,62 | 11,00 |
| Neusilber 8′ | 10,25 | 9,68 |

Hiernach war das angenommene Gesetz falsch, und die Spiralform zeigte sich ohne störenden Einflufs.

(Schlufs im nächsten Heft.)

## VIII. *Ein Paar Bemerkungen über die neue Theorie in Herrn Professor Chr. Doppler's Schrift: „Ueber das farbige Licht der Doppelsterne und einiger anderer Gestirne des Himmels"* [1]; *von Dr. Bernhard Bolzano.*

Während so manche Schrift in ihren Leistungen weit hinter dem zurückbleibt, was sie auf ihrem Titel verheifst, umfafst die Abhandlung des Hrn. Prof. Doppler's bedeutend mehr, als ihre Ueberschrift erwarten läfst. Sie handelt nämlich keineswegs blofs über das farbige Licht einiger Sterne; sie ist auch nicht, wie ihr zweiter in Klammern geschlossener Titel besagt, ein blofser »Versuch einer das Bradley'sche Aberrationstheorem als integrirenden Theil in sich schliefsenden allgemeineren Theorie«; denn auch bei diesen Worten werden wir nur veranlafst, an eine Lehre zu denken, welche die Astronomie oder höchstens die optischen Wissenschaften bereichert, während es doch eine zur *allgemeinen Physik*, näher zur Lehre von den *Flüssigkeiten*, oder noch genauer zur *Wellenlehre* gehörige Wahrheit ist, auf die und deren überraschend wichtige Anwendung auf die *Akustik* und *Optik* Hr. Doppler hier unsere Aufmerksamkeit der Erste hingeleitet zu haben das Verdienst hat. Auf welche Weise die Einwirkung, welche ein *wellenauffangender* Körper von diesen Wellen erfährt, geändert werde, wenn entweder er selbst oder der diese Wellen *erzeugende* Körper in Bewegung geräth, das ist die allgemeine Frage, zu deren Untersuchung uns dieser Aufsatz veranlafst. Doch ist es keineswegs ihre vollstän-

1) In den Abhandlungen der K. böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften, Folge V Bd. 2; auch für sich erschienen in Commission bei Borrosch und André (Prag 1842).

dige Beantwortung, welche Hr. Doppler hierorts versucht, sondern nur einen einzigen, Jedem sehr leicht zu beantwortenden Umstand: welche *Veränderung* durch die Bewegung des die Wellen auffangenden oder auch sie erzeugenden Körpers *bloſs in der Zeit, in der zwei nächste Wellenschläge aufeinanderfolgen, hervorgebracht werde,* faſst er in's Auge, und indem er sofort Anwendungen hievon auf die Akustik sowohl als auf die Optik macht, leuchten uns alsbald zwei höchst merkwürdige, in diese Wissenschaften künftig für immer aufzunehmende Wahrheiten ein, an *welche*, meines Wissens, *vor* Hrn. Doppler *noch Niemand gedacht hat.* Die *akustische* lautet: daſs ein *Ton* sich ändere (steige oder falle), so oft entweder der ihn erzeugende oder der ihn auffangende Gegenstand, d. h. das Ohr, mit einer angemessenen Geschwindigkeit einander näher rücken oder sich von einander entfernen. Die *optische* Wahrheit sagt ein ganz Aehnliches in Betreff der *Farben* aus, daſs nämlich auch die Farbe eines Objectes sich ändern müsse, so oft sich Auge und Object mit einer hinreichenden Geschwindigkeit nähern oder entfernen. Nur bei Betrachtung des Letzteren verweilt der Verf. umständlicher, und leitet die interessantesten Folgerungen hinsichtlich der auf dem Titel genannten Gegenstände, nämlich des farbigen und wechselnden Lichtes der Doppelsterne sowohl als einiger anderer Gestirne ab. Alles so gedrängt und mit so viel neuen fruchtbaren Gedanken untermischt, daſs der Leser, namentlich der Astronom, hier auf zwei Bogen des Stoffes zum Nachdenken und zu noch anzustellenden Beobachtungen mehr als in manchem dickleibigen Buche antreffen dürfte.

Gleichwohl sey mir erlaubt, gegen einiges in dieser Abhandlung Vorkommendes eine Erinnerung zu erheben.

I. Der Hr. Verf. scheint §. 1 zu glauben, daſs seine Theorie so gut als umgestoſsen wäre, sobald in der Lehre

vom Lichte die Hypothese der *transversalen Schwingungen* sich als richtig bestätigen würde. Diesem mufs ich nun zu des Verf. oder vielmehr zu seiner Theorie eigenem Vortheile widersprechen, indem ich behaupte, dafs Alles, was er — nicht von den Aenderungen in der Intensität des Lichtes, wohl aber — von den *Farben selbst* vorträgt, mit sehr geringer Modification stehen bliebe, auch wenn jene Hypothese als eine unumstöfsliche Wahrheit erwiesen werden sollte. Denn sie betrifft ja bekanntlich nur die Erklärung der *Intensität* des Lichts; nur diese soll von der Gröfse der Excursion der Transversalschwingungen abhängen. Die *Farbe* des Lichts aber leiten die Urheber jener Hypothese — noch eben so wie alle übrigen Freunde des Undulationssystems und selbst die Anhänger der alten Newton'schen Emissionstheorie — lediglich ab von der *Geschwindigkeit* des Lichts in seiner *fortschreitenden* Bewegung. Die Transversalschwingungen also haben keinen andern Einflufs auf die Beschaffenheit der Farbe, als einen sehr *mittelbaren* bei dem *gemischten* Lichte, welches seine Farbe allerdings einigermafsen ändern mufs, wenn einige der *einfachen* Farben, aus deren Vermischung es hervorgeht, ihre Intensitäten ändern. Doch selbst, was diese Intensität des Lichts belangt, steht es noch dahin, ob sich nicht auch bei der Voraussetzung, dafs sie durch Transversalschwingungen erzeugt wird, begreifen liefse, dafs eine hinreichend schnelle Bewegung des leuchtenden Objectes oder des Auges eine Aenderung in derselben bewirke; hier nämlich mit der wichtigen Modification, dafs man die Aenderung nicht in dem Falle zu erwarten hätte, wenn Auge oder Object sich in der Geraden, die beide verbindet, bewegen, sondern nur in dem Falle, wenn diese Bewegung in derjenigen auf die erwähnte Gerade *senkrechten* Linie statt hat, in welcher die Transversalschwingungen eben vor sich gehen sollen. In diesem Falle, wo also Auge und Object sich in derjenigen Linie, in der die Intensitätsschwin-

gungen erfolgen, einander nähern oder entfernen, müfste offenbar nur immer eines von beiden geschehen: entweder die nach rechts oder die nach links gehende Excursion des Aethertheilchens müfste in ihrer Einwirkung auf das Auge durch die besagte Bewegung *verstärkt*, die andere dagegen in einem gleichen Grade *geschwächt* oder gänzlich aufgehoben werden. Und nun früge es sich, ob eine so einseitige, nämlich nur nach der einen Seite hin mit Ueberwucht gerichtete Percussion des in der Netzhaut schwingenden Aethertheilchens in Hinsicht auf die Empfindung wohl ganz gleichgeltend sey mit einer solchen, die sich nach beiden Seiten mit gleicher Stärke äufsert, wie es geschieht, wenn Auge und Object in Ruhe sind, oder sich jedenfalls nur mit einer Geschwindigkeit bewegen, welche mit jener, in der die Transversalschwingungen erfolgen, in gar keinem Vergleiche steht? — Allein man mag diefs entscheiden, wie man will, so bleibt es wenigstens dabei, dafs sich die Farbe eines Objects mehr oder weniger verändern müsse, so oft sich Auge und Object mit einer angemessenen Geschwindigkeit entfernen oder nähern.

II. Nicht so unbedingt, wie das so eben Gesagte, spricht, was ich jetzt noch zu sagen habe, zu Gunsten der neuen Theorie; es könnte vielmehr einige Zweifel gegen dieselbe erregen. Hr. Prof. Doppler berechnet nämlich §. 5, dafs schon eine *Geschwindigkeit von 33 Meilen in einer Secunde* (wenn sie im Sinne der Annäherung oder Entfernung zwischen Object und Auge stattfindet) hinreiche, eine bemerkbare Farbenveränderung zu erzeugen. Diefs nun könnte Manchen veranlassen zu fragen, warum man dergleichen Farbenveränderungen am Himmel bisher so selten und fast ausschliefslich bei den sogenannten Doppelsternen beobachtet habe? Denn dafs sich die meisten Himmelskörper mit Geschwindigkeiten, welche die Gröfse von 33 Meilen in der Secunde nicht nur erreichen, sondern weit übersteigen, in

den verschiedensten Richtungen hin und her bewegen, also gar oft auch so, wie zur Erzeugung eines für uns bemerkbaren Farbenwechsels erfordert wird, ist doch mehr als wahrscheinlich zu nennen. Einmal die Annahme, daſs irgend ein Himmelskörper, ja auch nur irgend ein einzelner Atom *absolut stillstehe*, würde voraussetzen, daſs die Anziehungen, die er nach allen Seiten hin erfährt, einander genau das Gleichgewicht halten, oder vielmehr eine Resultante erzeugen, die seiner bisherigen Geschwindigkeit gerade entgegengesetzt in abnehmender Gröſse so lange fortdauert, bis sie diese Geschwindigkeit gerade vernichtet hat, worauf sie dann sogleich selbst aufhören müſste. Ist nun dieses nicht ein Fall, der, weil er unter einer unendlichen Menge anderer von gleicher Möglichkeit der einzige ist, eine, wie man sagt, unendlich groſse Unwahrscheinlichkeit hat? Ist aber bei einem jeden Himmelskörper vorauszusetzen, daſs er sich in dem Zustande der Bewegung befinde, und bemerken wir, daſs die relative Geschwindigkeit, mit der sich ein Nebenplanet um seinen Hauptplaneten bewegt, bei weitem geringer sey, als diejenige, mit welcher der Hauptplanet um die Sonne kreist: so müssen wir schon hieraus allein schlieſsen, daſs die Sonne mit einer viel gröſseren relativen Geschwindigkeit, als z. B. die Erde um einen gewissen Centralpunkt (oder Körper) sich bewege. Da nun die absoluten Geschwindigkeiten aus der Verbindung der relativen entspringen, und in einer meistens theilweisen, zuweilen aber auch völligen Addition derselben bestehen, so ist es höchst wahrscheinlich, daſs schon in unserem Sonnensysteme einzelne Körper sich mit einer Geschwindigkeit bewegen, welche viel mehr als 33 Meilen in der Secunde beträgt. Da wir ferner bei so vielen Doppelsternen Bewegungen beobachten, welche mit einer die in Rede stehende tausend Mal übertreffenden Geschwindigkeit vor sich gehen, so müssen wir wohl glauben, daſs auch unter den übrigen Fix-

sternen Bewegungen mit einer sehr grofsen Geschwindigkeit stattfinden. Und diefs hat man ja auch durch die directeste Beobachtung, die es hierüber geben kann, durch die gemessene Veränderung in ihrer Lage *selbst* gefunden. Allein man würde mich sehr mifsverstehen, glaubte man, dafs ich alle diese Bemerkungen für etwas mehr als einen blofs *scheinbaren* Einwurf gegen die Richtigkeit der neuen Theorie ansehe. Denn hat man wohl bis auf den heutigen Tag das Licht der Fixsterne genau und anhaltend genug beobachtet, um sagen zu können, dafs es so ganz und gar keine Veränderung in seiner Farbe erleide? Gewifs nicht; und so ergiebt sich denn aus Hrn. Doppler's Theorie eigentlich nur eine Aufforderung an alle Astronomen, solche bisher vernachlässigte Beobachtungen in Zukunft anzustellen. Das thue man denn, und versäume es überhaupt nicht, die neuen Lehrsätze der Akustik sowohl als der Optik auf jede nur mögliche Weise zu prüfen (denn man wird solcher Weise bald mehrere finden): und ich erwarte mit voller Zuversicht, jene Lehrsätze werden je länger je mehr sich bewähren, und endlich der Beweise so viele erhalten, dafs man sich ihrer dereinst bedienen wird, um eben aus den Veränderungen, welche die Farbe des Lichts der Himmelskörper mit der Zeit erfährt, die Fragen, ob und in welchen Richtungen und mit welchen Geschwindigkeiten sie sich bewegen, welche Entfernungen von uns und unter einander sie haben, und noch viel Anderes zu entscheiden [1]).

1) Indem ich diesen kleinen Aufsatz schon aus der Hand gebe, kommt mir eine Beurtheilung der hier besprochenen Schrift in Gersdorf's *Repertorium*, 1843, Heft 3, S. 107 ff., zu Gesichte; es freut mich zu sehen, dafs auch dieser Beurtheiler die Wichtigkeit der Abhandlung anerkennt, und sie der Aufmerksamkeit der Astronomen sowohl als Physiker empfiehlt.

## IX. *Zweite Denkschrift über die Kaoline oder Porcellanerden, über die Natur und den Ursprung derselben;*
### *von Alexander Brongniart und Malaguti.*

(Vorgetragen in der Königl. Academie der Wissenschaften in Paris am 11. October 1841. — Aus dem Französischen übertragen durch Frick, Geheimen Ober-Bergrath.)

In der ersten Denkschrift [1]) über die Kaoline haben wir uns bemüht die charakteristischen Kennzeichen derselben festzustellen, über ihre Zusammensetzung bestimmtere Angaben als die bisher bekannten mitzutheilen, zu prüfen, aus welchem Minerale sie entstanden sind, ihr richtiges Verhältnifs zu den Schichtungen der Erdrinde, ihr, in den sie einschliefsenden Gebirgsarten eigenthümliches Vorkommen, ihren beharrlichen Zusammenhang mit eisenhaltigen Gebirgsarten anschaulich zu machen, und endlich nach diesen Erfahrungen, aus welchen Geologen allein ihre Folgerungen ableiten sollen, einige theoretische Gedanken über die Bildung dieses Fossils aufgestellt.

Wir wollen in dieser zweiten Denkschrift die Ergebnisse der mit den Kaolinen zu Sevres angestellten chemischen Versuche, und die Betrachtungen, die sich daran anschliefsen, mit den früher aufgestellten Folgerungen vergleichen, um zu erfahren, ob auf beiden Wegen Beobachtungen und Erklärungen sich gegenseitig unterstützende Schlufsfolgen gewähren. Zuletzt wollen wir mit der Prüfung schliefsen, ob nur allein aus dem Kaolin, diesem natürlichen Thonsilicat, wirkliche Porcellanmasse angefertigt werden kann, oder ob man solche eben sowohl

1) Gedruckt in den *Archives du Museum d'histoire naturelle, T. I p.* 234.

bereiten kann, wenn man die chemischen Bestandtheile derselben in denselben Verhältnissen zusammenmengt.

## IV. Abschnitt.

Von der rationellen Zusammensetzung der Kaoline. Vergleichung der Bestandtheile des Feldspaths und des unauflöslichen Gehalts der Kaoline.

### §. 1.

Um hinsichtlich der Kaoline und ihrer Entstehung in einem folgerechten Ideengang zu bleiben, haben wir zunächst unsere Aufmerksamkeit auf diejenigen Feldspathe wenden zu müssen geglaubt, deren Vorkommen und Lagerung vollständig bekannt, eine Annäherung zwischen ihrer Zusammensetzung und der solcher Kaoline, die durch ihre geognostische Stellung von ihnen herzurühren scheinen, erlauben könnten.

Das chemische Verfahren bei diesen Feldspath-Analysen bestand darin, sie mit Flufsspathsäure zu behandeln und den Kieselerdegehalt durch eine besondere Arbeit mit einem Gemenge von kohlensaurem Natrum und Kali zu bestimmen. Der zweite Theil der Arbeit bezweckte nicht allein, den Kieselerdegehalt genau zu bestimmen, sondern auch den Alaunerdegehalt zu berichtigen. Die Tabelle 1 *A* enthält übersichtlich die Ergebnisse der chemischen Analyse von acht gut krystallisirten Feldspathen. — Sieben derselben haben fast dieselben Zusammensetzungen, oder die Verhältnisse in Bezug auf den Sauerstoff der Kieselsäure und auf den Sauerstoff des Aluminium- und Kali-Oxyds sind in ihnen zum wenigsten dieselben.

Nur der Feldspath No. 6 von Dixon Place zeigt eine abweichende Zusammensetzung. In ihm ist das Verhältnifs des Sauerstoffs der Säuren gegen die Basen wie 1 : 2, statt dafs es bei den andern wie 1 : 3 ist.

Wenn man in der Tabelle No. 1 *B* die Bestand-

heile der Kaoline, deren Lagerung mit einer grofsen Anzahl der analysirten Feldspathe identisch zu seyn scheint, vergleicht, so findet man, dafs fünf von sechsen dieselbe definitive [1]) Formel geben, und dafs, wenn das sechste eine abweichende eigenthümliche Formel giebt, der Feldspath, mit welchem man dasselbe vergleicht, ebenfalls eine ganz abweichende Zusammensetzung hat.

Mögen dann auch die absoluten Verhältnisse der Bestandtheile der Kaoline seyn welche sie wollen (ein Gegenstand, auf welchen später zurückgegangen werden wird), so sieht man doch schon jetzt ein, dafs sie stets übereinstimmend sind, dafs die Ursache, aus welcher diese Uebereinstimmung entsteht, stets dieselbe seyn mufs, und dafs sie in fünf Fällen unter sechsen genau diejenige ist, die man in der ersten Denkschrift festzustellen versucht hat.

§. 2.

Nachdem in den Tabellen 1 *A* und *B* der reinste Feldspath mit dem Kaolin, welcher sich von demselben herzuschreiben scheint, verglichen worden ist, wollen wir den schon in der Zersetzung begriffenen Feldspath mit *dem* Kaolin vergleichen, von welchem man annimmt, dafs es völlig zersetzter Feldspath sey. Wir waren so glücklich Probestücke von nachfolgenden Feldspathen zu besitzen, die die verlangte Beschaffenheit haben.

1) Feldspath, Mondstein genannt, dessen man sich zu Kandy auf der Insel Ceylon zu Schmucksachen bedient. Das vorhandene Probestück zeigte an einem und demselben Exemplare (*a*) Feldspath durch eine anfangende Zersetzung zerreiblich, aber noch durchscheinend und vollständig krystallisirt, (*b*) denselben Feldspath, der mit einem völlig perlmutterartigen Glanz eine gröfsere Zerreiblichkeit und eine milchweifse Farbe angenommen hatte, und (*c*) denselben Feldspath, ganz ver-

1) Siehe die Bemerkung 2 zur Tabelle No. 1 *B*.

ändert und in eine weifse, erdige, mit Quarz gemengte Masse verwandelt.

2) Einen ganz veränderten unreinen Feldspath, aber von sehr bestimmter Form, von Bilin in Böhmen.

3) Einen halbzersetzten Feldspath, der aber doch noch die blättrige Textur zeigte, von Aue bei Schneeberg in Sachsen.

Aus dem Probestück *ad* 1 sind die drei verschiedenen Veränderungen des Feldspaths *a*, *b*, *c* sehr sorgfältig geschieden und getrennt, und jede für sich chemisch untersucht worden. Für *a* und *b* ist bei der Analyse dasselbe Verfahren angewendet, wie bei den Feldspathen in der Tabelle 1, jedoch mit der Vorsicht, dafs wir *b*, welches schon etwas zersetzt war, bevor wir es der Analyse unterwarfen, nach einander mit kochender Schwefelsäure und mit Kali behandelten, um eine geringe Menge thonartiger Masse fortzuschaffen. Die weifse erdige Masse des Probestücks 1 *c* ist auf dem für alle Kaoline angenommenen rationellen Wege analysirt worden, wie er in der ersten Denkschrift angegeben ist; ein Verfahren, welches wir später beschreiben werden.

Die Resultate dieser Analyse enthält die folgende Tabelle:

| | Kieselerde. | Alaunerde. | Kali. | Kalkerde. | Bittererde. | Wasser und Verlust. | Summe. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *a*) Feldspath, Mondstein genannt, im Zustande anfangender Zersetzung, aber noch durchscheinend . . . . . . . . . . . . | 64,00 | 19,43 | 14,81 | 00,42 | 00,20 | 1,14 | 100 |
| *b*) Feldspath, Mondstein genannt, noch stärker zersetzt, milchweifs mit perlmutterartigem Glanz . . . . . . . . . . . | 67,10 | 17,83 | 13,50 | 00,50 | Spuren | 1,00 | 100 |

| | Kieselerde. | Alaunerde. | Wasser. | Eisenoxyd, Kalkerde, Kali. | Rückstand. | Verlust. | Summe. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *c*) Feldspath, Mondstein genannt, im Zustand völliger Zersetzung, als weifse erdige Masse, mit Quarzkörnern gemengt . . . . . . . . . . | 9,60 | 19,30 | 12,03 | 1,32 | 56,79 | 0,96 | 100 |

Die Identität der Zusammensetzung von *a* und *b* ist nicht in Zweifel zu stellen, und der geringe Unterschied, den die Analyse zeigt, liegt in dem durch die Loupe leicht erkennbaren Quarzgehalt von *b*.

Die wirklich thonerdige Masse des Probestücks *c*, die man hier, nicht allein nach ihrem äufseren Ansehen, sondern auch nach ihrer chemischen Eigenschaft, durch Säuren angegriffen zu werden, gleich als solche angenommen hat, zeigt eine sehr eigenthümliche Zusammensetzung, wenn man sie mit der gewöhnlichen Zusammensetzung der kaolinartigen Thonerde vergleicht; denn während diese mehr Kieselerde als Thonerde zu enthalten pflegt, so enthält *c* weit mehr Thonerde als Kieselerde.

Die Masse des zweiten Probestücks, das heifst der Feldspath von Bilin in Böhmen, ist geschlämmt worden. Man hat nur das Feingeschlämmte der Analyse unterworfen, und sie durch die aufeinanderfolgende Anwendung der Säuren und der Alkalien ausgeführt. Sie hat folgendes Resultat gegeben:

| | |
|---|---|
| Kieselerde | 62,23 |
| Alaunerde | 5,03 |
| Eisenoxyd | 4,29 |
| Mangan | 3,42 |
| Kalkerde | 1,55 |
| Bittererde und Kali | 1,60 |
| Wasser | 11,95 |
| Rückstand | 8,39 |
| Verlust | 1,54 |
| | 100,00. |

Es ist einleuchtend, dafs das Analysirte kein Thon war. Die Masse war unbezweifelt aus Feldspath entstanden, von welchem sie auch noch das Gefüge hatte; aber die Art der Zersetzung desselben ist ganz eigenthümlich, und kann weder mit der des Mondsteins, noch mit der des Feldspaths von Aue, wie wir gleich zeigen wollen, verglichen werden.

Der Rückstand vom Schlämmen des Biliner Feldspaths war so ungleichartig gemengt, dafs eine chemische Analyse desselben unnütz gewesen wäre. Wahrscheinlich ist dieser Feldspath durch eine der in unserer ersten Denkschrift erwähnten allmäligen Umbildungen so abgeändert, die, wenn sie vollständig wäre, den Feldspath durch Speckstein, Sand oder Zinnoxyd ersetzt hätte.

Der halbzersetzte Feldspath von Aue bei Schneeberg im dritten Probestück fand sich wie folgt zusammengesetzt:

| | |
|---|---|
| 1) Thonerdige, durch Säuren auflösliche Bestandtheile | 14,46 |
| 2) Rückstand, auf welchen die Säuren nicht einwirken | 85.54 |
| | 100,00 |

Zusammensetzung von No. 1:

| | |
|---|---|
| Kieselerde | 48,13 |
| Alaunerde | 34,57 |
| Wasser | 13,55 |
| Erdige und alkalische Basen | 5,11 |
| | 101,36. |

Zusammensetzung von 2:

| | |
|---|---|
| Kieselerde | 66,00 |
| Alaunerde | 17,59 |
| Kali | 15,00 |
| Kalkerde | 0,40 |
| Bittererde | 0,38 |
| Verlust | 0,63 |
| | 100,00. |

Der in Säuren unauflösliche Theil des halbzersetz-
n Feldspaths von Aue ist unstreitig Feldspath, den man
gar für rein annehmen kann. Dahingegen nähert sich
er in Säuren auflösliche Theil desselben der Zusam-
ensetzung gewisser Kaoline, die in der Generaltabelle
r ersten Denkschrift eingetragen sind, und die sich
esentlich von dem erdigen Theile des Mondsteins un-
rscheiden, weil dieser mehr Thonerde als Kieselerde und
e ersten mehr Kieselerde als Thonerde enthalten.

Wenn man nun, um eine allgemeine Ansicht fest-
ıstellen, die Zusammensetzung dieser erdichten Substan-
n, die unbezweifelt vom Feldspath $A^3 K^1 S^{12}$ entstan-
n sind, in chemischen Formeln ausdrücken will, so
ndet man die erdichte Substanz aus dem Mondstein $S A^2$
nd die aus dem Feldspath von Aue $S^3 A^2$ *).

Kann man anzunehmen Bedenken tragen, dafs der
ich zersetzende Feldspath nicht jedesmal gleiche Ver-
indungen eingeht? und dafs sich, wenn man das Ergeb-
ifs der Analyse des Biliner Feldspaths berücksichtigt,
lerselbe nicht jederzeit in kieselsaure Thonerde verwan-
lelt?

Man wird bemerken, dafs wenn die Kaoline gera-
lezu, wie sie die Natur giebt, der chemischen Analyse un-
erworfen worden, man, statt feststehende klare Ergebnisse
u erhalten, nur die Ungewifsheit vermehrt hätte, und
enöthigt wäre, zur Erklärung der Thatsachen mehr oder
ninder wahrscheinliche Voraussetzungen und Folgerun-
en zu Hülfe zu nehmen. — Diefs hat uns bewogen auf
die chemische Untersuchung durch die sogenannten ra-
tionellen Analysen zurückzugehen, die wir so viel wie
möglich auf die mit den Thatbeständen übereinstimmendste

*) Die Formeln sind hier nur, um die Vergleichung zu erleichtern,
nicht um streng die Zusammensetzung anzugeben, angenommen; denn
die kieselsaure Thonerde im zersetzten Feldspath von Aue kann nicht
$S^3 A^2$ seyn, weil die begleitenden erdichten und alkalischen Basen
sich bestimmt ebenfalls im Zustand von Silicaten befinden.

Weise erklären wollen, und daraus dann, wenn auch nicht entscheidende Folgerungen (denn dem stellt sich die Natur des Gegenstandes entgegen), doch solche Folgerungen ableiten wollen, die die Kenntnisse über diesen Gegenstand erweitern.

§. 3.

Empirische Analyse eines Kaolins ist eine solche, die mit der mehr oder minder feingeschlämmten Masse desselben angestellt wird. Da die Masse aus einem Gemenge von wirklichem Thon, aus feinen Theilen der zersetzten Gebirgsart und aus feinem Quarz gemengt ist, so führt ihre chemische Analyse zu keiner wissenschaftlichen Erklärung ihrer Zusammensetzung. — Dadurch, daſs ein Verfahren aufgefunden worden ist, diese verschiedenen Gemengtheile des Thons zu trennen, und von jedem, getrennt, die chemischen Bestandtheile aufzufinden, ist in der Analyse der Thonarten ein wirklicher Fortschritt gemacht. Dieſs Verfahren wird rationelle Analyse genannt, und besteht darin, den beigemengten Thon durch wechselweise Behandlung nach einander mit kochender Schwefelsäure und Alkalien aufzulösen. Sie lösen die kieselsaure Thonerde, das ist, den eigentlichen Thongehalt, auf, wirken aber nicht auf die beigemengten zerfallenen Gebirgsarten, den Feldspath, Quarz etc. Die saure Auflösung enthält die Thonerde und die mehr oder minder groſse Menge der Basen. Die alkalische Auflösung hingegen enthält die Kieselerde, die damit verbunden gewesen ist. — Nachdem man die sauren Auflösungen durch Eindampfen vom Säureüberschuſs befreit hat, so schlägt man die Thonerde durch Schwefelwasserstoff-Ammoniak nieder und sucht in der Flüssigkeit die begleitenden Basen auf. Die Kieselerde wird aus der alkalischen Auflösung durch die bekannten Verfahren geschieden.

Indem wir in wissenschaftlicher Hinsicht die rationellen Analysen über die empirischen stellen, so halten wir ihre Ergebnisse doch nicht zureichend, um darauf stren-

strenge chemische Formeln zu begründen. Wenn man die Tabelle 2 betrachtet, so sieht man, dafs von 31 kaolinartigen Thonerden nicht mehr als 3 sind, die nicht, aufser ihrem Alaunerdegehalt, noch Kalkerde, Bittererde, Kali oder Natron enthalten, und die Quantität dieser letzteren Bestandtheile schwankt zwischen 9,17 und 0,50 auf 100 Alaunerde. Forchhammer's chemische Analysen geben zu denselben Betrachtungen Veranlassung. — Wenn nun die Quantitäten dieser dem Thon fremdartigen Basen nicht anders als im Zustande von Silicaten darin enthalten seyn können, so giebt die durch die Analyse ausgeschiedene Kieselerde nicht allein die Menge an, welche mit der Alaunerde, sondern auch mit den sie begleitenden Basen verbunden gewesen ist. Welchen Weg soll man nun einschlagen, um diese verschiedenen Quantitäten zu trennen? — Es giebt keinen Weg, die Quantitäten der Kieselerde zu bestimmen, welche mit der Alaunerde und welche mit den begleitenden Basen verbunden gewesen ist, und daher wird, ungeachtet der unläugbaren Ueberlegenheit der rationellen Analyse, doch immer eine grofse Unsicherheit in den Ergebnissen bleiben, die uns nöthigt bei Schlüfsfolgerungen sehr vorsichtig zu seyn, was wir im ferneren Verlauf dieser Denkschrift zu thun bemüht seyn werden.

§. 4.

Wenn nun die rationelle Analyse im Allgemeinen nicht dahin führt, sich von der absoluten Zusammensetzung der Thone einen klaren Begriff zu machen, so könnte man glauben, dafs eine vergleichende Untersuchung der darin eingemengten Fossilien oder, mit anderen Worten, die Untersuchung der Rückstände von grofsen Nutzen seyn dürfte, um die Frage über die Entstehung der Kaoline mit Erfolg zu lösen oder zu prüfen.

Dafs die Kaoline aus der Zersetzung einer Gebirgsart entstanden sind, ist unbezweifelt; wahrscheinlich müfsten daher die unzersetzten Trümmer der Fossilien, wel-

che sich mit dem Kaolin gemengt finden, der ursprünglichen Gebirgsart angehören, aus welcher dasselbe entstanden ist. — Nichts würde aber zu gewagteren Schlüssen führen, als die Untersuchung dieser quarzreichen zusammengesetzten Substanzen, die wenig oder gar nichts von der Gebirgsart enthalten, aus welchen das Kaolin entstanden ist. Selbst durch die Untersuchung grofser Massen würde sich die Frage wenig anders gestalten. Durch sehr sorgfältiges Schlämmen könnte man allerdings noch eine grofse Menge beigemengten feinen Quarzes ausscheiden: der Rückstand würde aber stets bei der Analyse zweifelhafte Resultate gewähren, die höchstens erlauben würden gewagte Voraussetzungen zu machen. Dabei würde stets die Frage seyn, ob der Rückstand eines kaolinartigen Thons, die Gebirgsart, aus welcher er entstanden ist, zeigte, oder ob er nicht vielmehr das Fossil zeigte, welches in der ursprünglich zersetzten Gebirgsart nicht zugleich mit zersetzt worden ist. Weil man in den Rückständen des Kaolins Quarz und Glimmerblättchen findet, darf man nicht gleich annehmen, dafs er aus der Zersetzung des Gneus entstanden ist, indem Alles zu der Annahme berechtigt, dafs er aus dem Schriftgranit (Pegmatit), von welchem grofse Massen stets Glimmerblättchen enthalten, herstammt.

Da die Untersuchung der 31 verschiedenen Rückstände im grofsen Maafsstabe, eine beschwerliche und lange Arbeit erfordert, und nur sehr zweifelhafte Ergebnisse gewährt hätte, so ist sie unterlassen worden.

§. 5.

Die dritte Tabelle enthält die Zusammensetzung der wirklichen kaolinartigen Thone, nachdem fremdartige beigemengte Körper davon geschieden sind, und die unmittelbaren Formeln, durch welche sie bezeichnet werden. Schon früher §. 3 haben wir uns über den Werth dieser Formeln ausgesprochen, und wir theilen sie nur mit, um die Schwierigkeit zu zeigen, zwischen sich so sehr

nähernden Formeln, eine wirkliche Verschiedenheit auszudrücken. Dessen ungeachtet haben von 31 kaolinartigen Thonsorten 24, so zu sagen, ein gemeinschaftliches Band in ihrem Wassergehalt gegen den in ihnen zur Einheit angenommenen Alaunerdegehalt. — Wenn es daher möglich ist unter der Menge von Kaolinen von so verschiedenartiger Zusammensetzung eine Annäherung aufzufinden, so ist es unter den 24, in welchen die Alaunerde zum Wasser in einem Verhältnifs wie 1 : 2 steht. — Unter diesen 24 sind 19 (siehe in der Tabelle No. 3 die mit einem Stern bezeichneten), deren Verschiedenheit der Bestandtheile nicht so beträchtlich ist (mit Rücksicht auf die Natur derselben und auf die Bemerkungen in §. 3), um, ungeachtet der verschiedenen Formeln, sie entschieden zu trennen. Wenn man aufserdem durch ein geeignetes Mittel dahin gelangen könnte, diese Verschiedenheiten zu verringern oder verschwinden zu machen, so glauben wir, dafs man in chemischer Hinsicht diese zahlreiche Gruppe als ihrer Natur und ihrem Herkommen nach identisch annehmen kann, unbeschadet der Einwürfe einer ausschliefslich geognostischen Ordnung. — Wenn man Gründe hat, die Natur zweier verschiedener Körper nach ihren äufseren Eigenschaften oder nach ihrer Zusammensetzung zu vergleichen, so nimmt man seine Zuflucht auf die Gegenwirkungen, die sie unter gleichen Umständen auf gewisse Agentien zeigen. Wir haben daher so geschlossen: angenommen, dafs die 19 Kaoline drei oder vier verschiedene Arten von kieselsauren Alaunerdeverbindungen zeigen, und wir sie mit einem und demselben Agens, wie eine Kaliauflösung von gleicher Stärke ist, behandeln, und die Zeit, die Temperatur, die Mengen, mit einem Worte, alle Umstände dieselben sind, wir in dem Verhältnifs Kieselerde und Alaunerde auflösen werden, wie dieselben in Bezug auf die kieselsaure Alaunerde, zu der jene beiden Substanzen gehören, abweichend zusammengesetzt sind. Wir haben

darauf gerechnet, dafs eine solche Behandlung weder auf den Quarz, noch auf die Ueberreste zerfallener Gebirgsarten, mit welchen die Kaoline gemengt zu seyn pflegen, einen Einflufs ausüben können, und dafs die Wirkung sich nur allein auf den wahren Thon beschränken würde.

Aber gleich bei unseren ersten Versuchen auf diesem Wege haben wir eine Erscheinung bemerkt, welche die Wirksamkeit des von uns beabsichtigten Verfahrens vernichtete, aber hinreichend war, die gestellte Frage auf eine seltsame Weise zu vereinfachen. — Wir bemerkten nämlich, dafs, wenn man einen kaolinartigen Thon 1 oder höchstens $1\frac{1}{2}$ Minute mit einer wäfsrigen reinen Kaliauflösung von 1,075 Stärke sieden läfst, eine gewisse Menge Kieselerde ohne Spur von Alaunerde aufgelöst wird. Wenn man dieses Verfahren bei einer grofsen Menge kaolinhaltiger Thonerden, und im Verhältnifs ihrer Menge zu ihrem wirklichen Thongehalt anwendet, so gelangt man mit wenigen Ausnahmen dahin, so viel Kieselerde fortzuschaffen, dafs die früheren Formeln für die Bestandtheile merklich verändert sind, und dafs sie in den mehrsten Fällen einen sehr einfachen und übereinstimmenden Ausdruck annehmen. Die so abgeänderten Formeln nennen wir definitive Formeln.

Wir haben vorzugsweise die 24 Kaoline, in welchen das Verhältnifs der Alaunerde zum Wasser constant ist, so behandelt. Die Versuche und Ergebnisse sind in der Tabelle No. 4 aufgeführt. Diese Tabelle zeigt, dafs von den 24 Kaolinen, durch Behandlung mit schwacher Kaliauflösung, sechszehn so viel Kieselerde verloren haben, dafs man sie füglich alle durch die Formel $SA' + 2Aq$ bezeichnen kann, wohlverstanden, wie wir zum öfteren erwähnt haben, wenn man es nicht zu strenge in Bezug auf die gefundenen Bestandtheile und die daraus hergeleiteten Formeln nimmt. Die andern acht Kaoline haben durch die Behandlung mit schwacher Kaliauflösung nicht so viel Kieselerde verloren, dafs sich ihre Formeln ändern sollten, oder wenn sie sich

geändert haben, so ist es auf eine von der Mehrzahl verschiedene Weise gewesen. Fügen wir noch hinzu, dafs wenn die sieben Kaoline, welche die ganze Reihenfolge der analysirten vervollständigen, und in welchen der Gehalt von Alaunerde gegen den Wassergehalt nicht wie 1 : 2 ist, fast alle bei der Behandlung mit Kali (siehe Tabelle 5) Kieselerde verloren haben, wir auf die allgemeine Erscheinung aufmerksam machen müssen, dafs die Kaoline, und wahrscheinlich auch alle übrigen Thonarten, Kieselerde weder als Quarz noch im Zustand von Silicaten enthalten. Man könnte diefs als eine Folge der Zersetzung des kaolinartigen Thons durch das Kali annehmen, eine Ansicht, die aber nicht wahrscheinlich ist und nicht von uns getheilt wird.

§. 7.

Wenn man auf die Tabelle No. 1 zurückgeht, in welcher man die Bestandtheile der Kaoline und der Feldspathe, die zusammen vorkommen, vergleichen kann, wenn man dabei die in der ersten Denkschrift aufgeführten Ergebnisse der Tabelle über die geologische Vertheilung der Lagerstätten der Kaoline zu Rathe zieht, so bemerkt man, dafs die gröfsere Menge von Kaolinen von gleicher Zusammensetzung, $A : S$, ein und denselben, vorzüglich feldspathartigen, Lagern angehören, und gleichen Ursprung zu haben scheinen.

Allerdings kommen in diesen Lagern auch Kaoline vor, die von der eben bemerkten allgemeinen Zusammensetzung derselben abweichend sind, aber ihre Anzahl ist beschränkt, und für den gröfsten Theil ist die Abweichung in der Zusammensetzung nicht bedeutend, wie die definitiven Formeln für die Kaoline von Pieux, von Louhossoa, von Sosa u. s. w. gegen die von Limoges, von Aue, von Sedlitz u. s. w., bei der Vergleichung zeigen, so dafs man fragen könnte, ob die Abweichung von der Mehrzahl in der Schwierigkeit der Untersuchung oder in ihrer eigenthümlichen Natur liegt.

Wir wollen versuchen auf unsere Weise die che-

mischen Erscheinungen zu erklären, welche die Umänderung des Feldspaths herbeiführen.

Die gewöhnliche Zusammensetzung des Feldspaths ist $A^3 K S^{12}$. Welches nun auch die Ursache seiner Zersetzung ist, so nehmen wir an, er verändere sich in $A^3 S^3$ (wirklichen Thon) und $K S^9$. Nach bestimmten Erfahrungen ist das Kalisilicat $K S^9$ nicht auflöslich, es wird aber auflöslich, sobald es sich durch eine fortdauernde Zersetzung in $K S^8$ und in $S$ verwandelt. Das Silicat $K S^8$, was auch nach Forchhammer's Erfahrungen auflöslich ist, wird durch das Wasser fortgeführt und $S^1$ bleibt gemengt mit dem Thon $A^3 S^3$. Ganz auf dieselbe Weise wie zusammengesetzte Substanzen in zwei einfache zusammengesetzte Substanzen durch elektrische Strömungen zerlegt werden, und sich später unter gleichem Einflufs abermals zersetzen; eben so kann die elektrische Thätigkeit (die wir schon früher als die wahrscheinliche Ursache der Zersetzung des Feldspaths angenommen haben) zunächst auf die Zersetzung des Feldspaths und später auf die Zersetzung der Producte derselben eingewirkt haben. Ohne auf diese Ansicht eine gröfsere Wichtigkeit zu legen, als eine Theorie über einen solchen Gegenstand verdient, so wollen wir doch bemerklich machen, dafs diese Ansicht auf eine leichte Weise viele Erscheinungen erklärt.

Der Kieselerdegehalt, welcher sich mit der Thonerde im gallertartigen Zustand gemengt findet, kann nicht beständig seyn wegen der auflösenden Kraft des Wassers auf denselben. Dadurch erklären sich die so verschiedenartigen Zusammensetzungen der Kaoline, die durch Behandlung mit kaustischem Kali auf eine übereinstimmende Zusammensetzung zurückgeführt werden können. Dadurch erklärt sich auch, warum die chemische Untersuchung ein und desselben Kaolins, zu verschiedenen Zeiten, durch verschiedene Chemiker nicht ein und dieselben Ergebnisse gewährt hat, und warum ein Kaolin von der Normalformel ($A^3 S^3$ oder $A S$), wie das von

Oporto, nichts durch die Behandlung mit Kali verliert, während ein anderes Kaolin, von fast gleicher Zusammensetzung, wie das von Wilmington, durch die Behandlung mit Kali Kieselerde verliert, und bei ihm die Einfachheit der Formel daher verloren geht. Im ersten Fall (Oporto) hat sich die Thonerde, durch die Einwirkung des Wassers oder durch eine andere Ursache, eines Theils der beigemengten Kieselerde entledigt, während im anderen Fall (Wilmington) der eigentliche Thon, von einer eigenthümlichen Natur und von eben so eigenthümlichem oder auch von gewöhnlichem, durch besondere Einwirkungen zersetzem Feldspath herrührend, durch eine gewisse Menge gelatinöser Kieselerde versteckt wird, die durch die secundäre Zersetzung irgend eines Silicats entstanden ist.

Durch die angeführten Thatsachen und Bemerkungen wird eine von Berthier vor langer Zeit ausgesprochene Ansicht über die normale Zusammensetzung der Kaoline bestätigt. Er hatte angenommen, dafs der sich zersetzende Feldspath kieselsaure Thonerde bilde, die sich mehr oder weniger der Formel $AS$ nähere. Wir glauben die Richtigkeit dieser von uns getheilten Ansicht hier bewiesen und durch Versuche bestätigt zu haben.

Ueber die wirkliche Zusammensetzung der Kaoline können wir aus den aufgestellten Thatsachen, Versuchen und Betrachtungen die folgenden Schlüsse ziehen:

1) Die regelrechten Kaoline, wie sie die Natur giebt, und nur durch Schlämmen von fremdartigen groben Beimischungen befreit, sind ein Gemenge von kaolinartigem Thon und von einem in Säuren und Alkalien unauflöslichen Rückstand aus den Silicaten der verschiedenen Basen.

2) Der kaolinartige Thon wird durch die aufeinanderfolgende Behandlung mit Schwefelsäure und kaustischem Kali von diesem Rückstand *befreit;* das ist, durch das Verfahren, welches wir rationelle Analyse benannt haben.

3) Der kaolinartige Thon ist eine Verbindung von Kieselerde, Alaunerde und Wasser in bestimmten, sich fast jederzeit gleich bleibenden Verhältnissen, die man durch eine unveränderliche Formel, die wir unmittelbare Formel (*formule immediate*) nennen, bezeichnen kann.

4) Viele dieser kaolinartigen Thone enthalten aber einen Ueberschufs von freier Kieselerde, die sich durch eine geeignete Behandlung in kaustischem Kali auflösen, und vollständig von dem wasserhaltigen Alaunerdesilicat, aus welchem das wahre Kaolin besteht, abscheiden läfst.

Das wasserhaltige Alaunerdesilicat giebt eine einfachere und allgemeinere Formel: $AS + 2Aq$, welche wir eine *formule definitive* nennen.

5) Diese freie Kieselerde im kaolinartigen Thone, nicht gebunden an das Kaolin und durch die oben angegebenen Mittel von demselben geschieden, kann einer elektrischen und allmäligen Zersetzung des Feldspaths zugeschrieben werden, die denselben zuerst in Kaolin-Thon, $A^3 S^8$, und in unauflösliches kieselsaures Kali, $AS^9$, und dann durch eine abermalige Zersetzung in auflösliches Kalisilicat, $KS^3$, und in Kieselerde, $S^1$, verwandelt hat, welche mit dem Thon gemengt bleibt.

6) Endlich, dafs die Verschiedenheit der Mengen dieses Ueberschusses von Kieselerde in den einzelnen kaolinartigen Thonsorten einer späteren Einwirkung der Tagewasser zugeschrieben werden kann, welche eine gröfsere oder geringere Menge dieser auflöslichen freien Kieselerde fortgenommen haben.

## V. Abschnitt.

### Erfahrungen und Theorien über die Bildung des Kaolins.

§. 1.

Wir haben in der ersten Denkschrift geäufsert, dafs die Feldspathe durch die Volta'sche oder Contact-Elek-

tricität zersetzt seyn könnten. Diese Idee war bei dem Einen von uns (Brongniart) durch eine Denkschrift des bekannten Chemikers Gehlen in München über die Kaoline von Passau veranlafst worden.

Fournet, in seiner Denkschrift über die Zersetzung von Mineralien vulkanischen Ursprungs, schreibt die Zersetzung des Feldspaths zunächst seiner Neigung zum Dimorphismus zu, die beim Erkalten den Aggregatzustand verändert habe, und die dann, durch den als Folge des Contactes von Gebirgsarten verschiedener Natur entstandenen elektrischen Einflufs, vollendet worden sey.

Diese Hypothesen sind durch die Beobachtungen über die Lagerung dieses Fossils, die in der ersten Denkschrift über die bemerkenswerthen Umstände beim Vorkommen der Kaoline angeführt sind, wohl unterstützt, zu welchen wir auch die beständigen Beziehungen rechnen, in welchen die Kaoline zu eisenhaltigen Gebirgsarten stehen, Beziehungen, welche glauben lassen, dafs der Feldspath, schon früher elektrischen Einflüssen unterworfen, sich in den zu seiner Zersetzung günstigen Verhältnissen befunden habe, ohne Rücksicht auf die Ursachen, welche diese grofsen Systeme in Thätigkeit gesetzt haben.

Es erschien uns wichtig durch Versuche die aus den Beobachtungen gefolgerten Vermuthungen zu bestätigen, und zu sehen, ob sich der Feldspath durch einen elektrischen Strom zersetzen lasse. Wir haben zwei verschiedene Versuche, um diefs zu erfahren, angestellt.

Beim ersten Versuch haben wir uns einer Batterie von 250 Plattenpaaren von 55 Millimet. im Quadrat, und beim zweiten einer Batterie von 300 Plattenpaaren, geladen mit einer Auflösung von Kupfervitriol, bedient. Zu jedem Versuch wurden 5 Grm. des reinsten Feldspaths verwendet. — Die Flüssigkeit, welche zum Schliefsen der Kette verwendet wurde, war eine schwache Salmiakauflösung, und der Versuch hat nie länger als sechs Stunden gedauert.

Beim ersten Versuch hatten sich 0,098 Grm. Feldspath in 0,030 Grm. Alaunerde und Kali, welche in der Flüssigkeit aufgelöst waren, und in 0,068 Grm. Kieselerde, die mit dem unzersetzten Feldspath gemengt waren, verändert.

Beim zweiten Versuch wurden 0,159 Grm. Feldspath zersetzt, und 0,054 Grm. Thonerde und Kali in der Flüssigkeit, und 0,105 Grm. Kieselerde beim unzersetzten Feldspath erhalten.

§. 2.

Auch durch einen sehr schwachen elektrischen Strom ist die Zersetzung vollständig gelungen.

In eine U-förmig gebogene Glasröhre wurde reines Feldspathpulver geschüttet und so viel destillirtes Wasser darauf gegossen, dafs jeder Schenkel der Röhre bis zu drei Centimetern vom Rande damit angefüllt war. In dem einen Schenkel wurde ein kleines Kupferplättchen, in dem andern ein solches Zinkplättchen aufgehangen. Beide Plättchen wurden durch einen dünnen Draht verbunden, der durch die Korkstöpsel ging, mit welchen beide Schenkel verschlossen waren. Nach vierzehn Tagen erschien die Flüssigkeit im Zinkschenkel getrübt, während die im Kupferschenkel klar blieb. Dieser Unterschied zeigte sich fortdauernd, bis man etwa nach zwei Jahren den Apparat öffnete. Die klare Flüssigkeit im Kupferschenkel war stark alkalisch, schäumte mit Säuren und enthielt nur kohlensaures Kali [1]). Die Flüssigkeit im Zinkschenkel war neutral, und die weifse Masse,

1) Unbezweifelt hatte die elektrische Einwirkung bereits lange aufgehört. Das Zinkblättchen war mit einer harten körnigen Masse bedeckt, welche nothwendig die längere Dauer elektrisch galvanischer Einwirkungen verhindert hatte. Der unzersetzte Feldspath hatte sich in der Biegung der Glasröhre angehäuft, dieselbe verschlossen und die Verbindung der Flüssigkeiten verhindert. Die alkalische Flüssigkeit hatte, weil die Korkstöpsel nicht luftdicht schlossen, Kohlensäure aus der Atmosphäre angezogen.

durch welche sie getrübt war, und die zum Theil an der Wand der Glasröhre als eine körnichte Kruste festsafs, war in einer Kaliauflösung vollständig löslich, aus welcher sie durch die bekannten Mittel als Kieselerde und Alaunerde ausgeschieden wurde. Ob beide Erden als Silicat verbunden gewesen sind, darüber haben wir bei der geringen Ausbeute keine gründliche Untersuchung anstellen können. Aber die Hauptsache, die wir feststellen wollten, die Zersetzung des Feldspaths durch die Elektricität, ist durch die Versuche vollständig erwiesen.

§. 3.

Es ist auch von uns versucht worden den Feldspath durch Wasserdämpfe von einer hohen Temperatur zu zersetzen. Forchhammer hält diefs für möglich, und behauptet es versucht zu haben. Uns ist der Versuch nicht gelungen, wir wollen aber unser Verfahren hier beschreiben.

Etwa 50 Grm. feingepulverten Schriftgranit (Pegmatit) wurden in einen Glaskolben von solcher Form gethan, dafs wohl die Wasserdämpfe, aber nicht Wasser in denselben eindringen konnten. Der so gefüllte Kolben wurde in den oberen Theil eines Dampfmaschinenkessels der chemischen Productenfabrik von Payen zu Grenelle befestigt. — Er blieb ungefähr zwei Monat an dieser Stelle dem Druck von zwei Atmosphären ausgesetzt, und wurde dann herausgenommen. Der Pegmatit, der im Wasser nicht plastisch wird, war durch die Wasserdämpfe in einen sehr plastischen Brei verwandelt, woraus man auf eine vollständige Zersetzung hätte schliefsen können. Die chemische Untersuchung zeigte aber das Gegentheil. Man verfuhr dabei wie folgt. Die Masse wurde mit destillirtem Wasser ausgesüfst und die Aussüfswasser im Dampfbade eingetrocknet. Sie hinterliefsen keinen Rückstand. Wenn dennoch eine Zersetzung stattgehabt haben sollte, so waren die Producte derselben zum wenigsten in Wasser nicht auflöslich. Um sich

zu überzeugen, ob sich nicht etwa Hydrate gebildet hätten, setzte man etwas von diesem Brei, der im luftleeren Raum getrocknet war, einer sehr hohen Temperatur aus, es fand aber dabei kein Gewichtsverlust statt. — Etwas von diesem, bei einer Temperatur von +100° getrockneten Brei behandelte man nun mit Schwefelsäure und dann mit Kali, und um sich über die Richtigkeit der Ergebnisse zu vergewissern, behandelte man ganz auf dieselbe Weise zwei Mal von demselben Pegmatit, der aber nicht der gemeinschaftlichen Einwirkung der Wasserdämpfe, des starken Drucks und der hohen Temperatur ausgesetzt gewesen war. — Die Resultate waren in allen Fällen dieselben, das Kali, wie die Schwefelsäure hatten weder von dem einen noch von dem andern Pegmatit etwas aufgelöst. Mit vollem Rechte kann man daher wohl schliefsen, dafs bei dem angestellten Versuche keine chemische Zersetzung stattgefunden hat.

Wir wollen aber nicht behaupten, dafs unter andern Verhältnissen, zum Beispiel: beim Einströmen von sehr heifsen Wasserdämpfen, begleitet von Kohlensäure, in die Klüfte eines Pegmatits, wie solche Ausströmungen aus den Klüften des Granits der Gruben zu Pongibault durch Fournet beobachtet sind, die Einwirkungen nicht so kräftig seyn könnten, um die Zersetzung zu bewirken. Diefs zu beweisen, dazu würden lange und schwierige Versuche nöthig seyn, um so schwierigere, als man da, wo die Natur mit kräftigen Mitteln, mit Massen, in langer Zeit und mit grofser Thätigkeit wirkt, keinen Erfolg von Versuchen nach einem kleinen Maafsstab erwarten darf.

## VI. Abschnitt.

### Künstliche Porcellanmassen.

#### §. 1.

Der Unterschied der Bestandtheile der zur Porcellanfabrication angewendeten Kaoline, selbst der aus ein

und derselben Grube, der vorzüglich in dem verschiedenen Verhältnifs des eigentlichen kaolinartigen Thons zu dem, was wir den Rückstand nennen, beruht, bringt in der Qualität der davon angefertigten Porcellanmassen beträchtliche Verschiedenheiten hervor.

Man kann zwei Porcellanmassen ziemlich ähnlich in der Farbe, in der Durchscheinbarkeit, im Grade ihrer Schmelzbarkeit beim Garbrennen, in ihrem Verhalten gegen die Glasur, in ihrer Dauerhaftigkeit, sowohl gegen einen Stofs, als auch beim Temperaturwechsel und in ihrer Schwindung beim Garbrennen, kurz mit allen Eigenschaften nur durch vieles Probiren darstellen.

Schon seit langer Zeit habe ich [1]) geglaubt, dafs die Porcellan-Manufactur in Sevres wissenschaftliche Principien auffinden müsse, um stets gleiche Porcellanmasse überall darzustellen, und dafs man sich daher zunächst überzeugen müsse, ob dieselben chemischen Bestandtheile in gleichen Verhältnissen in denselben enthalten seyen. In Folge dieser Ansicht sind zunächst durch A. Laurent eilf der schönsten Porcellanmassen, die von 1770 bis auf die jetzige Zeit in Sevres angefertigt worden sind, chemisch untersucht, und ihre Bestandtheile an Kieselerde, Alaunerde, Kalkerde und Kali bestimmt worden; dann sind seit 1838 durch Laurent und Malaguti Versuche angestellt worden, um die chemischen Bestandtheile des Kaolins, des Feldspaths und der anderen zur Porcellanmasse nöthigen Materialien kennen zu lernen, um diese in solchen Verhältnissen zu mengen, dafs die davon gemachte Porcellanmasse stets gleiche chemische Zusammensetzung habe.

Aber nur im Allgemeinen hat der Erfolg die Richtigkeit dieses wissenschaftlichen Weges bestätigt, und ich habe, seit ich nach demselben arbeite, nicht mehr so

1) Die in diesem Abschnitt enthaltenen technischen Untersuchungen und Versuche sind allein von Alex. Brongniart, unter Beihülfe der chemischen Arbeiten A. Laurent's und Malaguti's, angestellt.

viele ungleiche und fehlerhafte Porcellanmassen gehabt wie das früher weder zu vermeiden noch abzuändern war.

§. 2.

Solche Porcellanmassen weichen jedoch nur im Allgemeinen und merklich nicht von einander ab, aber beständig und absolut sind sie doch nicht gleich. Wenn solche Porcellanmassen bei der Verarbeitung und beim Garbrennen einen Unterschied zeigten, und daher chemisch untersucht wurden, so fanden sich in ihnen dieselben Bestandtheile in gleichen Verhältnissen, woraus sich wenigstens ergab, dafs weder bei der chemischen Untersuchung der verwendeten Materialien, noch bei ihrer Zusammensetzung ein Fehler vorgefallen war.

Schon seit geraumer Zeit argwöhnte ich, dafs es bei der Zusammensetzung bildsamer Massen nicht allein auf die chemischen Bestandtheile ankomme, sondern dafs auch der Aggregatzustand und das Eigenthümliche der feinsten Theile derselben auf ihre Eigenschaften, selbst auf die auffallendsten, wie die Schmelzbarkeit, die Schwindung etc. sind, von Einflufs ist, und dafs es daher nicht gleichgültig seyn dürfe, aus welchen Stein- oder Gebirgs-Arten, die die erforderlichen chemischen Bestandtheile enthalten, man diese Massen zusammensetzt, dafs man daher auf das Gewebe dieser Materialien und wahrscheinlich auch auf die Art, wie die chemischen Bestandtheile in ihnen unter sich gebunden sind, Rücksicht zu nehmen habe.

§. 3.

Die Sevres'sche Porcellanmasse, wie sie seit sechszig Jahren, ohne dafs man ihre chemische Zusammensetzung gekannt hat, und seit 1836 mit Berücksichtigung ihrer chemischen Bestandtheile angefertigt worden ist, besteht aus:

| | |
|---|---|
| 58,0 | Kieselerde |
| 34,5 | Alaunerde |
| 4,5 | Kalkerde |
| 3,0 | Kali |
| 100 | |

ohne den Wassergehalt, der vor der Analyse durch heftiges Glühen beseitigt worden ist. Diese Bestandtheile sind in den Materialien enthalten, die zum Versatz der Porcellanmasse verwendet werden, als:

1) in zweierlei Sorten Kaolin, dem thonartigen und dem kieselartigen. Beide Kaoline enthalten Kieselerde, aber das erste aufserdem und vorzüglich Alaunerde, und das zweite das Kali.
2) Quarzsand von den Hügeln von Aumont.
3) Kreide von Bougival oder Meudon.

Ich habe nun versucht Porcellanmasse aus anderen Materialien als diesen, aber mit gleichen chemischen Bestandtheilen zu versetzen, auch einige reine, auf chemischem Wege gewonnene Materialien dabei zu benutzen; endlich habe ich versucht, eine Porcellanmasse aus den reinen chemischen Bestandtheilen, aus reiner Thonerde aus dem Alaun, aus reiner Kieselerde aus der Auflösung in Kali, aus reiner Kalkerde und reinem Kali zu versetzen. Aber je mehr auf chemischem Wege künstlich gewonnene reine Beimischungen dazu verwendet wurden, um desto mehr wich eine solche Porcellanmasse in allen ihren Eigenschaften von der gewöhnlichen Porcellanmasse ab.

## §. 4.

Die ersten beiden Versuche, einzelne Materialien zur Porcellanmasse durch andere natürliche Materialien zu ersetzen, gaben günstige Ergebnisse.

1) Porcellanmasse, statt mit Kreide, mit weifsem Marmor, das ist: reine kohlensaure Kalkerde, keine Kieselerde und keine Bittererde enthaltend, versetzt, gab ein Porcellan, das weder bei der Anfertigung, noch nach dem Garbrennen den mindesten Unterschied gegen solches aus mit Kreide versetzter Porcellanmasse zeigte. In der Sevres'schen Porcellanmasse konnte also die Kreide vollständig durch den Marmor ersetzt werden, obgleich sie

nicht so rein ist, als dieser, und obgleich ihr Aggregatzustand ein ganz anderer ist.

2) Eben so kann der Quarz des Sandes von Aumont vollständig durch Feuerstein ersetzt werden, ohne dafs sich dadurch ein Unterschied in der Verarbeitung der Porcellanmasse oder in den Eigenschaften des Porcellans zeigt.

3) Es sollte nun versucht werden eine Porcellanmasse, nach den durch die Analyse der Sevres'schen Porcellanmasse gefundenen Bestandtheilen, aus lauter chemisch reinen Bestandtheilen und in denselben Gewichtsverhältnissen zusammenzusetzen. Es wurde daher eine Porcellanmasse zusammengesetzt, aus:

| | | |
|---|---|---|
| reiner Kieselerde aus der alkalischen Auflösung durch Niederschlagen gewonnen | 41 | 58,00 |
| eben solcher reinen Kieselerde in der Verbindung mit Kali zu Fritte gemacht | 17 | |
| reiner Alaunerde aus Alaun durch Ammoniak niedergeschlagen und geglüht | | 34,50 |
| reinem Kali in der Fritte | | 3,00 |
| Kalkerde, als rein bekannten Marmor | | 4,50 |
| | | 100,00 |

Diese Materialien wurden lange Zeit hindurch zusammen fein gerieben.

Bei der Kostbarkeit solcher chemisch reinen Materialien konnten nur 5 Hectogrm. von dieser Masse angefertigt werden, die jedoch zu den Versuchen hinreichend waren. Diese sehr kurze unplastische Porcellanmasse liefs sich sehr schlecht drehen und formen; dennoch gelang es einem geschickten Porcellandreher eine dünne Schaale und eine Platte von einer bestimmten Gröfse davon anzufertigen. — Beide Stücke schmolzen beim

schwäch-

schwächsten Feuergrad des Porcellanofens zu einer weifsen, pockigen, emailartigen Masse.

Malaguti hatte sich durch eine genaue chemische Untersuchung überzeugt, dafs die verwendete chemisch reine Thonerde nicht kalihaltig war.

Bei Wiederholung des Versuchs verminderte man das Gewicht der Fritte um ein Drittheil, um den Kaligehalt der Masse um so viel zu vermindern. Die von solcher Masse angefertigten Platten erweichten beim Verglühen nicht, hatten aber eine Schwindung von 18 Proc. Im Garfeuer des Porcellanofens waren sie nur erweicht, aber um 28 Proc. geschwunden! — Diese zum öfteren mit einigen Abänderungen, um die Schmelzbarkeit zu vermindern, wiederholten Versuche, bei denen man zu dem bemerkten Zweck, entweder von derselben schon gargebrannten und wieder in das feinste Pulver verwandelten Masse, oder auch statt der durch Niederschlag gewonnenen chemisch reinen Kieselerde feingeschlämmten Quarz zusetzte, haben jederzeit Massen von einer gröfseren Schmelzbarkeit gegeben, als die gewöhnliche Porcellanmasse beim stärksten Feuergrad des Porcellanofens zeigt.

§. 5.

Diese Versuche zeigen, dafs die einzelnen chemischen Bestandtheile der Porcellanmasse, in denselben Verhältnissen wie in gewöhnlicher Porcellanmasse gemengt, eine viel schmelzbarere Verbindung geben, als wenn sie vorher schon unter sich Verbindungen eingegangen haben, dafs es daher in dieser Rücksicht nicht einerlei ist, Kieselerde, Alaunerde und eine Kalifritte, oder die schon gebildeten kieselsauren Verbindungen der Alaunerde und des Kalis zu mengen.

Nach diesen Erfahrungen ist es aufgegeben worden Porcellanmassen durch directe Verbindung ihrer einzelnen chemischen Bestandtheile darzustellen; dahingegen fehlte noch die Ueberzeugung, ob es nicht möglich sey

Porcellanmassen ohne Kaolin aus anderen erdigen Mineralien, in welchen dieselben gleichen Bestandtheile bereits gebunden sind, in denselben chemischen Verhältnissen darzustellen.

§. 6.

Wir haben daher zunächst den Thon gewählt, als ein Material, was sich dem Kaolin am mehrsten nähert. Wir wollten uns begnügen eine davon angefertigte Masse für Porcellanmasse anzusprechen, wenn sie nur, bei demselben hohen Feuergrad gar gebrannt, die Dichtigkeit, Festigkeit, Schwerschmelzbarkeit und Durchscheinbarkeit des Porcellans hätte, ohne dafs sie auch die schöne weifse Farbe besäfse, die doch nur eine Nebenbedingung ist.

Es mangeln dem feuerfesten, kalkerdefreien Thon zwei Bestandtheile:

1) Der reichere Gehalt an Alaunerde, welchen die Kaoline, deren man sich in Sevres bedient, im Allgemeinen besitzen.
2) Das Kali, welches, nach Mitscherlich's Versuchen, dieser Thon nur in sehr geringer Menge enthält.

Die folgenden Versuche werden zeigen auf welche Weise wir versucht haben, die fehlenden Bestandtheile zu ersetzen.

§. 7.

Feuerfester Thon von Dreux, statt des Kaolins. Es hatte manche Schwierigkeit das Kaolin durch diesen Thon zu ersetzen. Die, welche bei der Verarbeitung der Masse entstehen mufste, konnten wir, weil der Thon viel plastischer als Kaolin ist, vorhersehen. Dieser Thon enthält aber nicht die nöthige Menge Kali, um daraus eine Masse von dem Kaligehalt zu bilden, welchen die Sevres'schen Porcellanmassen haben; es mufste daher ein kalihaltiger Körper, der nicht zu den Thonarten gehörte, angewendet werden, und man wählte dazu eine Fritte aus reiner Kieselerde und Kali. Um das richtige Verhältnifs

zwischen der Thonerde und Kieselerde zu behalten, wenn die letztere durch die zugesetzte Fritte vermehrt wurde, mufste weniger von dem Thon von Dreux genommen und noch reine Alaunerde zugesetzt werden. Man wählte dazu reine, aus dem Alaun niedergeschlagene Alaunerde. Es gelang die folgende Masse zusammenzusetzen:

| | Kiesel-erde. | Alaun-erde. | Kalk-erde. | Kali. |
|---|---|---|---|---|
| 9,75 wasserfreier Thon von Dreux | 41,64 | 27,89 | — | — |
| 20,71 Fritte . . . . . . . . . . . . | 16,36 | — | 0,89 | 3,00 |
| 6,61 reine Alaunerde . . . . . . | — | 6,61 | — | — |
| 6,60 Kreide . . . . . . . . . . . . | — | — | 3,61 | — |
| 103,67 | 58,00 | 34,50 | 4,50 | 3,00 |

Normalbestandtheile der Sevres'schen Porcellanmasse.

Diese Masse verarbeitete sich ohne Schwierigkeit, nahm aber bei heftigem Verglühfeuer die Dichtigkeit und Härte des englischen Grès [1]) an, und verzog sich dabei sehr. Im Garfeuer des Porcellanofens verwandelte sie sich kaum in Porcellan, erhielt dabei eine nur geringe Durchscheinbarkeit, bei einer Schwindung von 16 Proc., und war mit Pocken besäet. — Diese Masse, welche dieselben chemischen Bestandtheile wie das Sevres'sche Porcellan enthielt, gab doch kein Porcellan.

Viele Versuche, die wir hier nicht einzeln anführen wollen, beweisen, dafs die reine Alaunerde, je nachdem sie zubereitet, je nachdem sie nur getrocknet oder stark geglüht ist, ganz verschiedene Resultate hinsichtlich der

1) Grès ist Steinwaare, Steinzeug, kenntlich an der Härte, die hinreichend ist, kein Wasser einzusaugen, am Stahle Funken zu geben, bei einem zusammengesinterten, feinkörnigen, oft splittrigen Bruchansehn, völlig undurchscheinend. Die besseren englischen Wedgewoodwaaren, die Selterwasser- und Scheidewasser-Kruken gehören dazu. Ich bemerke noch, dafs die Sevres'schen Porcellane bei stärkerem Feuer als die deutschen verglüht, und bei schwächerem Feuer als die besseren deutschen gargebrannt werden. Frick.

Farbe, der Schwindung, des Verziehens und Pockigwerdens zeigt.

§. 8.

Wir haben noch versuchen wollen mit anderen Materialien Porcellanmasse mit denselben chemischen Bestandtheilen und in denselben Verhältnissen wie die Sevres'sche Porcellanmasse zu versetzen. Es wurde dazu eine Fritte, die weniger Kieselerde als die früheren enthielt, verwendet. Dadurch waren wir nicht gezwungen weniger Thon von Dreux nehmen zu müssen, konnten aber die reine, aus Alaun niedergeschlagene Alaunerde fortlassen.

Wir setzten folgende Masse zusammen:

| | Kieselerde. | Alaunerde. | Kalkerde. | Kali. |
|---|---|---|---|---|
| 79,31 feuerfesten, wasserfreien Thon von Dreux. . . | 44,12 | 34,50 | — | — |
| 4,51 Sand von Aumont . . . | 4,51 | — | — | — |
| 12,50 im Porcellanofen gebrannte Fritte . . . . | 9,37 | — | — | 3,00 |
| 7,98 Kreide . . . . . . . . . | — | — | 4,50 | — |
| 104,30 | 58,00 | 34,50 | 4,50 | 3,00 |

Die von dieser Masse angefertigten Probestücke, nach dem Verglühen schon von der Härte und Dichtigkeit der Grès, hatten sich verworfen und verzogen, waren pockig und um 16 Proc. geschwunden. Doch waren sie weifser, weniger verzogen, weniger pockig als die von der früheren Probemasse, und zeigten einen Anfang von Durchscheinbarkeit.

Diese Versuche ergeben, dafs man nur das wenigplastische Kaolin durch einen sehr plastischen Thon zu ersetzen braucht, um, bei gleichen chemischen Bestandtheilen mit einer guten Porcellanmasse, eine Masse zu erhalten, der alle wesentlichen Eigenschaften des Porcellans fehlen.

## §. 9.

Diese Erfahrung überraschte keineswegs, weil man schon oft erfolglos versucht hat, in Gegenden, wo es kein Kaolin, aber doch schöne weiſse plastische Thonarten giebt, von den letzteren allein Porcellan zu machen. Um dem Porcellan, in Härte, Durchscheinbarkeit und Glasur nur einigermaſsen ähnliches Geschirr, wie das Sanitätsgeschirr (*hygiocerames*) anzufertigen, muſste man aber stets dem Thon Kaolin zusetzen [1]).

Man hätte aber wähnen können, daſs nicht alle Bestandtheile eines Kaolinporcellans sich in der mit einer weiſsen Thonart angefertigten Masse befänden. Die vorhergehenden Versuche, in welchen Thon statt Kaolin, und genau in denselben chemischen Verhältnissen wie in den besten Porcellanmassen angewendet wurden, zeigen, daſs die verschiedenen Eigenthümlichkeiten der bildsamen Massen mehr vom Aggregatzustand der Bestandtheile, als von ihren chemischen Verhältnissen abhängig sind.

## §. 10.

Man hat gesehen, welche Schwierigkeiten es macht, in solche künstliche Porcellanmassen die 3 Procent Kali hineinzubringen, weil man sie ihrer Auflöslichkeit wegen nicht unmittelbar darunter mengen kann, und daſs man sie daher mit der Kieselerde zu einem glasartigen Körper, der Fritte, verbinden muſste, zu einer Mischung, die

1) Es giebt zwei Porcellanfabriken, in welchen das Bittererdesilicat die Stelle des Kaolins zu vertreten scheint, die zu Retiro bei Madrid und die zu Vineuf oder Vinovo bei Turin. Wenn man aber die Bestandtheile der Masse dieser letzteren betrachtet, die man allein aus den Arbeiten von Gioanetti und von Giobert kennt, so sieht man, daſs zunächst der Feldspath von Frossasco dieser Masse als Fluſsmittel beigemengt, und das der Thon von Barges, eine Art mit Feldspath gemengtes bittererdiges Kaolin, der andere Bestandtheil der Masse ist, daſs also das wahre feldspathartige Mineral nothwendig stets in der Masse enthalten ist.

in einem ganz anderen Zustand ist, wie der des Kalis im Feldspath.

Um die Versuche über künstliche Porcellanmassen zu vervollständigen, ist auch noch die Probe gemacht worden, ob eine gute Porcellanmasse zu erhalten sey, wenn das Kali in einem andern Fossil, als dem Feldspath, dazu verwendet werde. Unter den Mineralien, unter denen wir hinsichtlich ihres hinreichenden Kaligehalts wählen konnten, haben wir den Leucit (*Amphigène*) gewählt, weil derselbe alle diejenigen Bestandtheile enthält, die wir vereinigt wünschten. Der Leucit wurde zu diesem Zweck in zwei verschiedenen Zuständen chemisch untersucht. — In einem Fall war derselbe ohne merkliche Zersetzung, im anderen war derselbe verändert, undurchsichtig, weiſs und zerreiblich geworden. In beiden Fällen enthielt er Spuren von Lava eingesprengt oder anhaftend, die aber auf den hier beabsichtigten Zweck ohne Einfluſs sind, weil es nicht darauf ankam eine neue chemische Analyse dieses Minerals zu machen, sondern nur die genauen chemischen Bestandtheile des anzuwendenden Vorraths kennen zu lernen.

Leucit (*Amphigène*).

| | Nicht veränderter, nach Arfvedson. | Nicht veränderter? mit etwas Lava gemengt. | Veränderter, weiſs und zerreiblich. |
|---|---|---|---|
| Kieselerde | 56,10 | 62,10 | 49,42 |
| Alaunerde | 23,10 | 24,00 | 24,54 |
| Kali | 21,15 | 9,00 | 12,00 |
| Bittererde | — | 0,76 | 1,00 |
| Kalkerde | — | 1,08 | 0,66 |
| Eisenoxyd und Bittererde | 0,95 | 0,96 | — |
| Wasser | — | 1,10 | 11,58 |
| | 101,30 | 99,00 | 99,00 |

Welches nun auch die Veranlassung des Unterschieds dieser Analysen gegen die von Klaproth und von

Arfvedson sey, so findet sich in dieser Gebirgsart, in Bezug auf das zur Porcellanmasse erforderliche Kali, hinreichend kieselsaures Kali, um daraus den folgenden Porcellanmassenversatz anfertigen zu können.

| | Kieselerde. | Alaunerde. | Kalkerde. | Kali. |
|---|---|---|---|---|
| 70,37 scharf getrockneter feuerfester Thon von Dreux ...... | 33,48 | 26,18 | — | — |
| 33,33 Leucit ............. | 21,00 | 8,32 | 0,60 | 3,00 |
| 3,52 Quarzsand von Aumont ... | 3,52 | — | — | — |
| 7,00 Kreide ............ | — | — | 3,90 | — |
| 114,22 wegen des Wassers im nicht geglühten Thon und wegen der Kohlensäure in d. Kreide | 58,00 | 34,50 | 4,50 | 3,00 |

Um dem Thon von Dreux die zu grofse Bildsamkeit zu nehmen, durch welche die davon angefertigten Massen verbogene und verzogene Geschirre geben, ist in einem der beiden Versuche die Hälfte des Thonzusatzes geglüht, und wiederum in das feinste Pulver verwandelt, zugesetzt worden.

Der erste Massenversatz, in welchem sich kein solcher geglühter Thon befand, gab ein wirkliches Porcellan, aber ganz von Pocken aufgebläht; der zweite gab ein noch vollkommneres, wenngleich etwas pockiges Porcellan mit schöner Glasur, was sich beim Brennen nicht verzogen hatte, gehörig durchscheinbar war, und eine Schwindung von 10 Proc. nach dem Verglühen und von 12 Proc. nach dem Garbrennen hatte.

§. 11.

Es haben keine weiteren Versuche erforderlich geschienen, um zu beweisen, dafs in allen für die Töpferei nöthigen Massen der Aggregatzustand der Bestandtheile von gröfstem Einflufs auf die Verarbeitbarkeit und auf die eigenthmlichen Eigenschaften derselben ist, und dafs, je nachdem man diese Bestandtheile getrennt oder un-

ter sich verbunden, oder je nachdem man sie in verschiedenem Zustand der Feinheit, sey es aus dem Krystallzustande oder aus dem pulverartigen Zustande, oder in verschiedenen Verbindungen unter einander, oder mit oder ohne Wassergehalt, mengt, bedeutende Verschiedenheiten entstehen [1]).

§. 12.

Aus allem Vorstehenden ist zu folgern, dafs bei jeder Fabrication, bei welcher chemische Wirkungen im Spiele sind, es von Wichtigkeit ist, auf den Zustand der Verbindungen und auf das mechanische Gefüge in den Materialien, die man anwenden will, Rücksicht zu nehmen.

Die angegebenen Untersuchungen und ihre Ergebnisse erklären die häufigen Anomalien, welche sich bei Fabricaten zeigen, bei denen zwar gleiche chemische Bestandtheile und in gleichen Verhältnissen angewendet sind, aber ohne dafs man auf den ungleichen Molecularzustand derselben Rücksicht genommen hat.

1) Eckeberg und Thaer (*Bibl. britt. agricult. T. XVII*) haben schon vor längerer Zeit Versuche angestellt, in Gemengen den Thon durch Alaunerde zu ersetzen, und dabei zu bemerken Gelegenheit gehabt, dafs diese künstlichen Gemenge sich bedeutend von den natürlichen unterscheiden. Aber sowohl der Zweck als die Art ihrer Versuche waren anders als bei uns.

# Tabelle No. 1.

## *A.* Ueber die Zusammensetzung von acht Feldspathen.

| | Newcastle. | Sargadelos. | Hall. | Quabenstein. | Oporto. | Dixonplace Wilmington. | Calabrien. | Serdobole Finnland. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
| Kieselerde . . . . . | 62,20 | 62,00 | 62,76 | 61,37 | 62,06 | 58,70 | 65,87 | 64,03 |
| Alaunerde . . . . . | 19,78 | 19,48 | 19,20 | 20,23 | 19,61 | 23,95 | 20,60 | 18,47 |
| Kali . . . . . . . . | 15,14 | 15,72 | 14,90 | 15,75 | 16,07 | 12,64 | Spuren | 15,24 |
| Natron . . . . . . . | — | — | — | — | — | — | 11,10 | — |
| Bittererde . . . . . | 0,50 | 0,12 | 0,18 | 0,16 | 0,16 | 0,31 | 0,20 | 0,18 |
| Kalkerde . . . . . . | 0,58 | 0,35 | 0,46 | 0,39 | 0,38 | 2,09 | 0,38 | 0,67 |
| Eisen und Mangan | Spuren | Spuren | Spuren | — | — | Spuren | Spuren | — |
| Feuchtigkeit . . . . | 1,53 | 1,64 | 1,70 | 1,31 | 1,11 | 1,65 | 1,20 | 1,02 |
| Verlust . . . . . . . | 0,27 | 0,69 | 0,80 | 0,79 | 0,61 | 0,66 | 0,65 | 0,39 |
| | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| Chemische Formel | $\dddot{A}\dot{K}+\dddot{S}^4$ | $\dddot{A}\dot{K}+\dddot{S}^4$ | $\dddot{A}\dot{K}+\dddot{S}^4$ | $\dddot{A}\dot{K}+\dddot{S}^4$ | $\dddot{A}\dot{K}+\dddot{S}^4$ | $\dddot{A}^4\dot{K}^1+\dddot{S}^{10}$ | $\dddot{A}\dot{N}+\dddot{S}^4$ | $\dddot{A}\dot{K}+\dddot{S}^4$ |

***B.*** **Tabelle über die Zusammensetzung der Kaoline, deren Vorkommen dasselbe ist, wie das eines Theils der vorstehenden Feldspathe.**

| | | Newcastle (Delaware). | Sargadelos Galicien. | Morl bei Halle. | Diendorf bei Hafnerszell. | Oporto. | Wilmington (Delaware). |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Zusammensatz des thonartigen Theiles | Kieselerde | 29,73 | 43,25 | 26,10 | 28,61 | 40,62 | 32,69 |
| | Alaunerde | 25,59 | 37,38 | 22,50 | 25,75 | 43,94 | 43,94 |
| | Wasser | 8,94 | 12,83 | 7,55 | 9,60 | 14,62 | 12,12 |
| Unmittelbare Formeln, die sich davon ableiten | | $A^3S^4+Aq^6$ oder $A^4S^5+Aq^8$ | $A^3S^4Aq^6$ oder $A^4S^5Aq^8$ | $A^3S^4+Aq^6$ oder $A^4S^5+Aq^8$ | $A^4S^5+Aq^8$ oder $A^5S^5+Aq^{10}$ | AS+2Aq | AS+2Aq |
| Definitive Formeln [1] | | AS+2Aq | AS+2Aq | AS+2Aq | AS+2Aq | AS+2Aq | AS+6Aq |

1) Siehe S. 104 definitive Formel.

## Tabelle No. 2.

Rationelle Analysen der verschiedenen Kaoline im Laboratorium zu Sevres.

| Fundort. | Uebereinstimmende Nummern in d. Tabelle der ersten Denkschr. | Kieselerde. | Alaunerde. | Wasser. | Kalkerde, Bittererde, Kali. | Kalkerde, Bittererde, Natron. | Eisen und Mangan. | Nichtthonartiger Rückstand. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1) Kaolin-Thon von Limoges 1838 . . . . . . . . . . . | 4 | 42,07 | 34,65 | 12,17 | 1,33 | — | Spuren | 9,76 |
| 2) Louhossoa bei Bayonne | 6 | 43,12 | 33,00 | 23,00 | — | 0,50 | Spuren | — |
| 3) Pieux bei Cherbourg . . | 7 | 42,31 | 34,51 | 12,09 | 1,39 | — | Spuren | 9,67 |
| 4) Mercus (Arriege) . . . . | 10 | 27,22 | 20,00 | 9,03 | 1,24 | — | 0,48 | 42,00 |
| 5) Mende (Lozère) . . . . | 11 | 35,61 | 22,33 | 9,70 | 4,32 | — | 3,37 | 24,64 |
| 6) Clos de Madame (Allier) | 12 | 39,91 | 36,37 | 12,94 | 1,80 | — | Spuren | 8,96 |
| 7) Chabrol (Puy de Dôme) | 13 | 32,93 | 29,88 | 10,73 | 1,56 | — | Spuren | 24,87 |
| 8) Breage, Cornwall . . . . | 16[b] | 46,63 | 24,06 | 8,74 | 0,60 | Spur Natr. | Spuren | 19,65 |
| 9) Plymton, Devonshire . . | 17 | 44,26 | 36,81 | 12,74 | 1,55 | — | Spuren | 4,30 |
| 10) Chiesi, Insel Elba . . . | 18 | 45,03 | 32,24 | 11,36 | 3,21 | — | Spuren | 8,14 |
| 11) Bourgmanero (Piemont) | 19 | 23,94 | 21,14 | 7,42 | — | — | 1,23 | 48,00 |
| 12) Tretto, bei Schio . . . . | 20 | 37,07 | 25,28 | 6,64 | 6,33 | — | Spuren | 24,64 |
| 13) Rama bei Passau . . . . | 22 | 42,15 | 37,08 | 12,83 | 2,85 | Spuren | 0,56 | 4,50 |
| 14) Auerbach desgleichen . . | 23 | 32,48 | 29,45 | 10,50 | 1,13 | — | Spuren | 26,42 |

| Fundort. | Uebereinstimmende Nummern in d. Tabelle der ersten Denkschr. | Kieselerde. | Alaunerde. | Wasser. | Kalkerde, Bittererde, Kali. | Kalkerde. Bittererde. Natron. | Eisen und Mangan. | Nichtthonartiger Rückstand. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 15) Diendorf, bei Passau . . | 24 | 28,61 | 25,75 | 9,60 | 1,57 | — | Spuren | 34,44 |
| 16) Aue, bei Schneeberg . . | 25c | 35,98 | 34,12 | 11,09 | 0,69 | — | Spuren | 18,00 |
| 17) Kaschna, bei Meifsen . | 26b | 29,42 | 25,00 | 9,80 | 0,71 | — | Spuren | 33,52 |
| 18) Seilitz desgleichen . . . | 27b | 40,78 | 34,16 | 12,10 | 0,60 | Spur Natron | Spuren | 12,33 |
| 19) Schletta desgleichen . . . | 28a | 39,10 | 20,92 | 7,26 | 3,98 | — | 1,31 | 27,50 |
| 20) Morl, bei Halle . . . . . | 29 | 26,10 | 22,50 | 7,55 | Kalkerde Bittererde | — | Spuren | 43,84 |
| 21) Sosa, b. Johanngeorgenstadt | 30b | 45,07 | 38,15 | 9,69 | 1,8 | — | Spuren | 5,53 |
| 22) Zetlitz, bei Carlsbad . . | 31 | 33,98 | 26,66 | 9,55 | 1,13 | — | Spuren | 28,63 |
| 23) Münchshoff desgleichen | 32 | 44,12 | 40,61 | 13,56 | 0,95 | — | Spuren | 0,74 |
| 24) Prinzdorf in Ungarn . . | 33 | 26,76 | 15,17 | 5,22 | 1,83 | — | 0,56 | 50,40 |
| 25) Bornholm in Schweden | 34b | 38,57 | 34,99 | 12,52 | 0,54 | 0,93 | — | 13,36 |
| 26) Risanski in Rufsland . . | 35 | 29,30 | 47,83 | 22,23 | — | 0,68 | Spuren | — |
| 27) Oporto in Portugal . . . | 36 | 40,62 | 43,94 | 14,62 | — | — | — | 0,11 |
| 28) Sargadelos (Galizien) . | 37 | 43,25 | 37,38 | 12,83 | 0,88 | — | Spuren | 5,64 |
| 29) Wilmington (Delaware) | 38 | 32,69 | 35,01 | 12,12 | 1,14 | 0,72 | Spuren | 22,81 |
| 30) Newcastle (Delaware) . | 39 | 29,73 | 25,59 | 8,94 | — | — | — | 34,99 |
| 31) China . . . . . . . . . . . | 40c | 13,72 | 9,80 | 2,62 | Kali 3,08 | — | 0,43 | 68,18 |

## Tabelle No. 3

Ueber die Zusammensetzung von 31 kaolinartigen Thonen, und ihre chemischen unmittelbaren Formeln, nach Hinwegnahme der begleitenden Beimischungen.

| Fundort. | Kieselerde. | Alaunerde. | Wasser. | Unmittelbare Formel. | Atomistisches Verhältnifs der Alaunerde zum Wasser | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1) Kaolin von Limoges 1838 | 47,33 | 38,98 | 13,69 | $A^3 S^4 + Aq^6$ | :: 1 : 2 | * |
| 2) Louhossoa bei Bayonne | 43,12 | 33,00 | 23,00 | $A^2 S^3 + Aq^8$ | :: 1 : 4 | — |
| 3) Pieux bei Cherbourg | 47,50 | 38,81 | 13,59 | $A^3 S^4 + Aq^6$ | :: 1 : 2 | * |
| 4) Mercus (Arriège) | 48,40 | 35,55 | 16,05 | $A^2 S^3 + Aq^5$ | :: 2 : 5 | — |
| 5) Mende (Lozère) | 52,65 | 33,01 | 14,34 | $A^4 S^7 + Aq^{10}$ | :: 2 : 5 | — |
| 6) Clos de Madame (Allier) | 44,74 | 40,76 | 14,50 | $A^4 S^5 + Aq^8$ oder $A^5 S^6 + Aq^{10}$ | :: 1 : 2 | * |
| 7) Chabrol (Puy de Dôme) | 44,78 | 40,63 | 14,59 | desgleichen | :: 1 : 2 | * |
| 8) Breage in Cornwall | 58,71 | 30,29 | 11,00 | $A S^2 + Aq^2$ | :: 1 : 2 | — |
| 9) Plymton (Devonshire) | 47,20 | 39,23 | 13,57 | $A^3 S^4 + Aq^6$ | :: 1 : 2 | * |
| 10) Chiesi, Insel Elba | 44,82 | 36,37 | 12,81 | $A^2 S^3 + Aq^4$ | :: 1 : 2 | * |
| 11) Bourgmanero (Piemont) | 45,61 | 40,26 | 14,13 | $A^4 S^5 + Aq^8$ | :: 1 : 2 | * |
| 12) Tretto bei Schio | 53,74 | 36,64 | 9,62 | $A^5 S^9 + Aq^5$ | :: 1 : 1 | — |
| 13) Rama bei Passau | 45,80 | 40,27 | 13,93 | $A^4 S^5 + Aq^8$ | :: 1 : 2 | * |

| Name und Formel des kaolinhaltigen Thons, der der Behandlung mit schwacher Kaliauflösung unterworfen worden. | | Quantität, welche behandelt worden. Gramm. | Grammen Kieselerde. Grm. | Proc. | Berechnete Zusammensetzung des Kaolins nach Abscheidung der Kieselerde. Kieselerde | Alaunerde | Wasser. | Nunmehrige Formeln. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Plymton (Devonshire) . . | $A^3S^4+6Aq$ | 4,797 | 0,489= | 10,19 | 34,07 | 36,81 | 12,74 | $A\ S+2Aq$ |
| Chiesi auf der Insel Elba | $A^2S^3+4Aq$ | 5,077 | 0,059= | 1,16 | 43,87 | 32,24 | 11,36 | $A^2S^3+4Aq$ |
| Bourgmanero in Piemont | $A^4S^5+8Aq$ | 8,571 | 0,568= | 6,62 | 17,32 | 21,14 | 7,42 | $A\ S+2Aq$ |
| Rama, bei Passau . . . . . | desgleichen | 4,888 | 0,475= | 9,71 | 36,77 | 37,38 | 12,83 | desgleichen |
| Auerbach, bei Passau . . . | $\{A^4S^5+8Aq$<br>$\{A^5S^6+10Aq$ | 6,212 | 0,443= | 7,13 | 25,35 | 29,45 | 10,50 | desgleichen |
| Diendorf, bei Passau . . . | desgleichen | 7,035 | 0,505= | 7,17 | 21,44 | 25,75 | 9,60 | desgleichen |
| Aue, bei Schneeberg . . . | $A^5S^6+10Aq$ | 6,950 | 0,112= | 1,76 | 34,22 | 34,12 | 11,09 | desgleichen |
| Kaschna, bei Meifsen . . . | $A^3S^4+6Aq$ | 7,010 | 0,127= | 1,82 | 27,60 | 25,00 | 9,80 | $A^4S^5+\ Aq$ |
| Seilitz, bei Meifsen . . . . | desgleichen | 5,184 | 0,472= | 9,10 | 31,68 | 34,16 | 12,10 | $A\ S+2Aq$ |
| Schletta, bei Meifsen . . . | $A^1S^2+2Aq$ | 6,688 | 0,045= | 0,67 | 38,48 | 20,92 | 7,26 | $A\ S^2+2Aq$ |
| Morl, bei Halle . . . . . . | $\{A^3S^4+6Aq$<br>$\{A^4S^5+8Aq$ | 8,014 | 0,356= | 4,44 | 21,66 | 22,50 | 7,55 | $A\ S+2Aq$ |
| Zetlitz, bei Carlsbad . . . | desgleichen | 6,411 | 0,318= | 4,95 | 29,03 | 26,66 | 9,55 | $A^8S^4+6Aq$ |
| Münchshoff, bei Carlsbad | $\{A^4S^5+8Aq$<br>$\{A^5S^6+10Aq$ | 4,578 | 0,110= | 2,40 | 41,72 | 40,61 | 13,56 | $A\ S+2Aq$ |
| Prinzdorff . . . . . . . . . | $A\ S^2+2Aq$ | 9,544 | 0,096= | 1,00 | 25,76 | 15,17 | 5,22 | $A\ S^2+2Aq$ |
| Bornholm . . . . . . . . . . | $\{A^4S^5+8Aq$<br>$\{A^5S^6+10Aq$ | 5,227 | 0,368= | 7,04 | 31,53 | 34,99 | 12,52 | $A\ S+2Aq$ |

Oport[illegible]

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Oporto* . . . . . . . . . . . | $AS + 2Aq$ | 4,537 | 0,169 = 3,72 | 36,90 | 43,93 | 14,62 | $AS + 2Aq$ |
| Sargadelos in Galizien . . | $\{A^2S^4 + 6Aq\}$ $\{A^4S^5 + 8Aq\}$ | 1,814 | 0,312 = 6,48 | 36,77 | 37,38 | 12,83 | desgleichen |
| Wilmington (Delaware) . | $AS + 2Aq$ | 5,637 | 0,689 = 12,23 | 20,46 | 35,01 | 12,12 | $A^3S^2 + 6Aq$ |
| Newcastle (Delaware) . . | $\{A^3S^4 + 6Aq\}$ $\{A^4S^5 + 8Aq\}$ | 7,002 | 0,658 = 9,39 | 20,34 | 25,59 | 8,94 | $AS + 2Aq$ |

## Tabelle No. 5.

Immediate und definitive Formeln für sieben kaolinartige Thone, in welchen das Verhältnifs der Alaunerde zum Wasser *nicht* wie 1 zu 2 ist.

| Mit der ersten Denkschrift übereinstimmende Nummern. | Fundort. | Immediate Formeln aus der rationellen Analyse abgeleitet. | Definitive Formeln aus der Behandlung mit Kaliauflösung abgeleitet. |
|---|---|---|---|
| 6 | Louhossoa, bei Bayonne . | $A^2S^3 + 8Aq$ | $= AS + 4Aq$ |
| 10 | Mercus (Arriège) . . . . . . | $A^2S^3 + 5Aq$ | $= AS + \frac{1}{2}Aq$ |
| 11 | Mende (Lozère) . . . . . . | $A^4S^7 + 10Aq$ | $= A^2S^3 + 5Aq$ |
| 20 | Tretto, bei Schio . . . . . . | $A^2S^3 + 2Aq$ | $= A^2S^3 + 2Aq$ |
| 30[b] | Sosa, bei Johanngeorgenstadt | $A^3S^4 + 4\frac{1}{2}Aq$ | $= A^4S^6 + 6Aq$ |
| 35 | Risanski . . . . . . . . . . . | $A^3S^2 + 8Aq$ | $= A^2S + 5\frac{1}{2}Aq$ |
| 40[c] | China . . . . . . . . . . . . . | $A^2S^3 + 3Aq$ | $= A^2S^3 + 3Aq$ |

| Name und Formel des kaolinhaltigen Thons, der der Behandlung mit schwacher Kaliauflösung unterworfen worden. | | Quantität, welche behandelt worden. | Grammen Kieselerde. | | Berechnete Zusammensetzung des Kaolins nach Abscheidung der Kieselerde. | | | Nunmehrige Formeln. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Gramm. | Grm. | Proc. | Kieselerde | Alaunerde | Wasser. | |
| Plymton (Devonshire) . . | $A^3S^4+6Aq$ | 4,797 | 0,489= | 10,19 | 34,07 | 36,81 | 12,74 | $A\ S\ +2Aq$ |
| Chiesi auf der Insel Elba | $A^2S^3+4Aq$ | 5,077 | 0,059= | 1,16 | 43,87 | 32,24 | 11,36 | $A^2S^3+4Aq$ |
| Bourgmanero in Piemont | $A^4S^5+8Aq$ | 8,571 | 0,568= | 6,62 | 17,32 | 21,14 | 7,42 | $A\ S\ +2Aq$ |
| Rama, bei Passau . . . . . | desgleichen | 4,888 | 0,475= | 9,71 | 36,77 | 37,38 | 12,83 | desgleichen |
| rbach, bei Passau . . . | $\{A^4S^5+8Aq$<br>$A^5S^6+10Aq\}$ | 6,212 | 0,443= | 7,13 | 25,35 | 29,45 | 10,50 | desgleichen |
| rf, bei Passau . . . | desgleichen | 7,035 | 0,505= | 7,17 | 21,44 | 25,75 | 9,60 | desgleichen |
| Schneeberg . . . | $A^5S^6+10Aq$ | 6,950 | 0,112= | 1,76 | 34,22 | 34,12 | 11,09 | desgleichen |
| bei Meissen . . . | $A^3S^4+6Aq$ | 7,010 | 0,127= | 1,82 | 27,60 | 25,00 | 9,80 | $A^4S^5+\ Aq$ |
| Meissen . . . . | desgleichen | 5,184 | 0,472= | 9,10 | 31,68 | 34,16 | 12,10 | $A\ S\ +2Aq$ |
| Meissen . . . | $A^1S^2+2Aq$ | 6,688 | 0,045= | 0,67 | 38,48 | 20,92 | 7,26 | $A\ S^2+2Aq$ |
| lle . . . . . . | $\{A^3S^4+6Aq$<br>$A^4S^5+8Aq\}$ | 8,014 | 0,356= | 4,44 | 21,66 | 22,50 | 7,55 | $A\ S\ +2Aq$ |
| arlsbad . . . | desgleichen | 6,411 | 0,318= | 4,95 | 29,03 | 26,66 | 9,55 | $A^3S^4+6Aq$ |
| ei Carlsbad | $\{A^4S^5+8Aq$<br>$A^5S^6+10Aq\}$ | 4,578 | 0,110= | 2,40 | 41,72 | 40,61 | 13,56 | $A\ S\ +2Aq$ |
| . . . . . . . . | $A\ S^2+2Aq$ | 9,544 | 0,096= | 1,00 | 25,76 | 15,17 | 5,22 | $A\ S^2+2Aq$ |
| . . . . . . . . | $\{A^4S^5+8Aq$<br>$A^5S^6+10Aq\}$ | 5,227 | 0,368= | 7,04 | 31,53 | 34,99 | 12,52 | $A\ S\ +2Aq$ |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Oporto . . . . . . . . . . . | $A\,S + 2Aq$ | 4,537 | 0,169= 3,72 | 36,90 | 43,93 | 14,62 | $A\,S + 2Aq$ |
| Sargadelos in Galizien . . | $\{A^2S^4 + 6Aq\}$ $\{A^4S^5 + 8Aq\}$ | 1,814 | 0,312= 6,48 | 36,77 | 37,38 | 12,83 | desgleichen |
| Wilmington (Delaware) . | $A\,S + 2Aq$ | 5,637 | 0,689=12,23 | 20,46 | 35,01 | 12,12 | $A^3S^2 + 6Aq$ |
| Newcastle (Delaware) . . | $\{A^3S^4 + 6Aq\}$ $\{A^4S^5 + 8Aq\}$ | 7,002 | 0,658= 9,39 | 20,34 | 25,59 | 8,94 | $A\,S + 2Aq$ |

### Tabelle No. 5.

Immediate und definitive Formeln für sieben kaolinartige Thone, in welchen das Verhältnifs der Alaunerde zum Wasser *nicht* wie 1 zu 2 ist.

| Mit der ersten Denkschrift übereinstimmende Nummern. | Fundort. | Immediate Formeln aus der rationellen Analyse abgeleitet. | Definitive Formeln aus der Behandlung mit Kaliauflösung abgeleitet. |
|---|---|---|---|
| 6 | Louhossoa, bei Bayonne . | $A^2S^3 + 8Aq$ | $= A\,S + 4Aq$ |
| 10 | Mercus (Arriège) . . . . . . | $A^2S^3 + 5Aq$ | $= A\,S + \frac{1}{2}Aq$ |
| 11 | Mende (Lozère) . . . . . . | $A^4S^7 + 10Aq$ | $= A^2S^3 + 5Aq$ |
| 20 | Tretto, bei Schio . . . . . . | $A^2S^3 + 2Aq$ | $= A^2S^3 + 2Aq$ |
| 30[b] | Sosa, bei Johanngeorgenstadt | $A^3S^4 + 4\frac{1}{2}Aq$ | $= A^4S^6 + 6Aq$ |
| 35 | Risanski . . . . . . . . . . . | $A^3S^2 + 8Aq$ | $= A^2S + 5\frac{1}{2}Aq$ |
| 40[c] | China . . . . . . . . . . . . . | $A^2S^3 + 3Aq$ | $= A^2S^3 + 3Aq$ |

## X. *Ueber die Bestandtheile der Meteorsteine;* *von Carl Rammelsberg.*

In früherer Zeit erblickte man in den Meteorsteinen eine gleichförmige eigenthümliche Mineralmasse, und wurde dazu insbesondere durch ihr äufseres Ansehen verleitet, welches, aufser etwas gediegenem Eisen, mit blofsem Auge oft keine Gemengtheile weiter erkennen läfst. Von dieser Art sind die Meteorsteine von Ensisheim, Lissa, Aigle und andere.

Nordenskiöld versuchte zuerst die Masse des Meteorsteins von Lautolax in Finnland in bekannte terrestrische Mineralsubstanzen zu sondern, und zu zeigen, dafs sie aus Eisen, Olivin, Leucit und einem grauen lavaartigen Bindemittel bestehe. Aber die erste ausführliche mineralogische Analyse, welche zu einem positiven Resultat geleitet hat, verdanken wir Gustav Rose in seiner Untersuchung des Meteorsteins von Juvenas, einem der deutlich gemengten Abänderungen dieser so interessanten Naturproducte [1].

G. Rose hat durch mineralogische und chemische Hülfsmittel in diesem Meteorsteine das Vorhandenseyn von *Magnetkies* und *Augit* aufser Zweifel gesetzt, und es aufserdem höchst wahrscheinlich gemacht, dafs der weifse, feldspathartige Gemengtheil desselben *Labrador* sey. Leider besitzen wir von diesem Meteorstein keine brauchbare vollständige Untersuchung; denn die Untersuchung von Laugier [2]) ist einerseits mit dem Ganzen angestellt, indem kein einzelner Bestandtheil auf mecha-

1) Diese Annalen, Bd. IV S. 173.

1) *Annal. chim. phys. XIX, p.* 264. — Schweigger's Journal, XXXV, S. 417.

nischem oder chemischem Wege von den übrigen gesondert wurde; andererseits zeigt sie einen starken Verlust von nahe 8 Proc., und überdiefs hat G. Rose nachgewiesen, dafs in jenem Meteorstein 0,6 Proc. Natron enthalten seyen, welche Laugier ganz übersehen hat.

Dem von Juvenas gleicht der Meteorstein von Stannern in hohem Grade. Auch er enthält Magnetkies, und höchst wahrscheinlich Augit und Labrador, deren ersterer schon von Mohs [1]) darin vermuthet wurde.

Diese Meteorsteine bestehen also im wesentlichen aus Augit und Labrador, d. h. aus zwei Mineralien, welche die Grundmasse der meisten neueren plutonischen und vulkanischen Gesteine unserer Erde ausmachen. Augit und Labrador bilden den *Dolerit*, wie diefs die Analysen hinreichend bewiesen haben [2]), und Dolerit bildet die Grundmasse des durch Säuren wenig angreifbaren Theils der *Basalte*, die sich ein Gehalt an einem oder mehreren Zeolithen, an Nephelin, Olivin, Titan- und Magneteisenstein von den Doleriten unterscheidet. Augit und Labrador bilden unzweifelhaft die Hauptmasse sehr vieler *Laven*, wie derer vom Aetna, so dafs alle diese geologisch ähnlichen Gesteine auch in mineralogischer und chemischer Hinsicht denselben Grundcharakter an sich tragen. In den älteren plutonischen Gebilden ist es nicht sowohl der Augit, sondern der chemisch ihm gleiche, mineralogisch jedenfalls ganz nahe stehende *Hypersthen* und *Diallag*, welche im Gemenge mit Labrador zwei wichtige Gebirgsgesteine, den *Hypersthenfels* und den *Gabbro*, bilden, wie diefs von G. Rose in seiner schönen Arbeit über die Grünsteine hervorgehoben ist [3]).

1) Grundrifs der Mineralogie, II, S. 313.

2) Vergl. die Untersuchung des Dolerits von Island in meinem Handwörterbuch des chemischen Theils der Mineralogie, I, S. 198.

3) Diese Annalen, Bd. XXXIV S. 1.

Schon **Mohs** hat auf die grofse Aehnlichkeit, welche der Meteorstein von Juvenas mit dem Dolerit vom Meifsner in Hessen zeigt, die Aufmerksamkeit gelenkt, und man kann wohl mit Recht sagen, ein Theil der Meteorsteine sey nichts anderes als Dolerit.

Aber eine andere Klasse von Meteorsteinen stellt sich als eine fast homogene Masse dar, deren Gleichförmigkeit nur durch eine Beimengung von metallischem Eisen unterbrochen wird. Bei diesen Abänderungen kann die Frage über die Natur der Masse nicht auf dem Wege mineralogischer Beobachtung, sondern nur durch Hülfe der chemischen Analyse gelöst werden, und höchstens läfst sich die Trennung des metallischen Bestandtheils durch Anwendung des Magnets bewerkstelligen.

Glücklicherweise besitzen wir von Meteorsteinen dieser Art eine Reihe zuverlässiger chemischer Analysen, und zwar in der ausgezeichneten Arbeit von **Berzelius** über Meteorsteine und Meteoreisen, der ersten, welche den Gegenstand in chemischer Beziehung ganz vollständig behandelt hat [1]).

**Berzelius**, welcher die Meteorsteine von Blansko in Mähren, von Alais und Chantonnay in Frankreich, und von Lautolax in Finnland untersucht hat, fand als Resultat, dafs diese Klasse zunächst *gediegen Eisen* enthält, welches sich durch den Magnet ausziehen läfst, aber nicht rein, sondern, wie zu erwarten stand, in Verbindung mit Schwefel, Phosphor, Kohle, Magnesium, Mangan, Nickel, Kobalt, Zinn und Kupfer, und welches aufserdem eine krystallinische Verbindung von Phosphor mit Eisen, Nickel und Magnesium eingewachsen enthält. Aufserdem enthalten diese Meteorsteine *Schwefeleisen* (Magnetkies), zum Theil magnetisch, *Chrom-* und *Magneteisen*, und endlich *Olivin*, dessen Menge so bedeutend ist, dafs er in der Regel die Hälfte der ganzen erdigen Grundmasse beträgt, und welcher vermöge seiner

1) Diese Annalen, Bd. XXXIII S. 1, 113.

leichten Zersetzbarkeit durch Säuren von dem Uebrigen zu trennen ist. Dieser schwierig angreifbare Theil der Grundmasse nun hat bisher weiter keine Deutung erfahren, so dafs sich nicht angeben liefs, ob eine Analogie desselben mit der Doleritmasse der früher betrachteten Klasse von Meteorsteinen stattfinde.

Ich will versuchen in dem Nachfolgenden die mineralogische Beschaffenheit dieser Grundmasse zu erklären, und zwar durch eine Berechnung der analytischen Resultate selbst, welche bis jetzt ohne bestimmte Deutung dastanden. Veranlassung dazu gab Dufresnoy's Analyse eines Meteorsteins, welcher am 12. Juni 1841 zu Chateau-Renard im Depart. Loiret in Frankreich niedergefallen ist.

Aus den sogleich mitzutheilenden Berechnungen glaube ich nämlich schliefsen zu dürfen, dafs die Grundmasse dieser Meteorsteine anstatt des Augits *Hornblende* enthalte, im Gemenge theils mit *Labrador* (M. von Blansko und Chantonnay), theils mit *Albit* (M. von Chateau-Renard). Aber auch diefs sind Gemenge, welche zum Theil terrestrische Gebirgsarten zusammensetzen. Zwar kennt man bis jetzt noch kein Gestein, welches allein aus Hornblende und Labrador zusammengesetzt wäre, wiewohl beide gemeinschaftlich in der Grundmasse von Basalten und Laven vorzukommen scheinen; *Hornblende* und *Albit* constituiren dagegen den *Diorit* [1]). Die Meteorsteine dieser Klasse bestehen also zum Theil aus Diorit, gemengt mit Olivin und Eisen, welche beide als *Meteoreisen* für sich oder im Gemenge (Pallas'sche Masse) vorkommen.

Ehe wir indessen zur Berechnung der vorhandenen Analysen übergehen, sey es erlaubt einige Bemerkungen über die Constitution der Hornblende voranzuschicken.

Bekanntlich sind die Hornblenden, welche eine hellere, weifse, gelbliche, grüne Farbe besitzen, und, zwar

1) Vergl. G. Rose's oben angeführte Abhandlung.

seltener vollkommen auskrystallisirt, wohl aber krystallinisch ausgesondert, häufig in Gesteinen von ganz abweichender Natur, wie in Kalksteinen, vorkommen, so zusammengesetzt, dafs die Sauerstoffmengen der Basen und der Säuren sich wie 4 : 9 verhalten. Jene Basen gehören sämmtlich zu den stärkeren, in denen wir 1 At. Radical und 1 At. Sauerstoff annehmen; es sind Kalkerde, Talkerde, Eisenoxydul und Natron, letzteres nur im Arfvedsonit und Aegirin. Danach unterscheidet sich die Hornblende von dem Augit durch einen gröfseren Säuregehalt, indem in den Augiten als Zweidrittelsilicaten das Sauerstoffverhältnifs wie 4 : 8 = 1 : 2 ist.

Nun sind es aber gerade die krystallisirten Abänderungen der Hornblende von schwarzer Farbe, wie sie z. B. im Basalt und Basalttuff gefunden werden, welche sich durch einen sehr wechselnden Gehalt (4 bis 15 Proc.) an *Thonerde* auszeichnen. Schon die Menge derselben scheint deutlich zu beweisen, dafs sie nicht beigemengt seyn kann, und dafs sie nicht in Form eines Silicats gleichsam als Mutterlauge der flüssigen Masse, aus welcher die Hornblendekrystalle sich bildeten, in diesen Krystallen mechanisch eingeschlossen seyn kann, zeigt offenbar der Umstand, dafs thonerdehaltige Hornblenden auch im Kalkstein vorkommen (Hornblende von Pargas, von Åker).

Will man daher die Constitution der sämmtlichen Hornblenden in Einklang bringen, so mufs man nothwendigerweise annehmen, dafs die Thonerde einen Bestandtheil der thonerdefreien Abänderungen ersetzen könne, mit ihm also isomorph sey. Zu den Basen derselben kann er aber nicht gehören; denn dagegen sprechen die Resultate der Berechnungen unter dieser Annahme, und alle sonstigen chemischen Gründe; es mufs also die Kieselsäure seyn, mit der die Thonerde isomorph ist. Bekanntlich hat Bonsdorf diese Ansicht zuerst ausgesprochen.

Dafs die Thonerde gleich wie alle Oxyde von minder intensivem elektro-positivem Charakter gegen starke Basen auch eine wahre Säure seyn könne, zeigt ihr chemisches Verhalten zu den Alkalien; es zeigen diefs aber vor allem die schönen Untersuchungen von Abich über die spinellartigen Mineralien. Um aber mit der Kieselsäure isomorph zu seyn, müfste, nach den bisherigen Vorstellungen, die Thonerde ihr analog zusammengesetzt seyn, was jedoch nicht der Fall ist, in sofern wir jene als $R + O^3$, diese als $R^2 + O^3$ betrachten.

Nun haben die wichtigen Untersuchungen der neuesten Zeit, insbesondere von Kopp, über die Atomvolume der Körper, die Ursache der Isomorphie auf eine umfassendere Grundlage zurückgeführt. Denn in der That läfst Alles glauben, dafs diese so wichtige Erscheinung, durch welche Mitscherlich zuerst den Zusammenhang zwischen der Krystallform und der chemischen Natur der Körper kennen lehrte, und welche unstreitig einen der gröfsten Fortschritte in der Chemie und Mineralogie bezeichnet, dafs sie nicht immer eine gleiche Anzahl von elementaren Atomen, auf gleiche Weise mit einander verbunden, voraussetzt, sondern dafs Isomorphie überhaupt eine Folge aus der Gleichheit (vielleicht ganz allgemeine Proportionalität) der Atomvolume der Körper ist, und wenn diese Gleichheit keine absolute ist, so ist ja auch die *Isomorphie* in den meisten Fällen (in den ungleichaxigen Systemen) eigentlich nur *homöomorphie.*

Kopp hat selbst auf scharfsinnige Weise nachgewiesen, in welchem Zusammenhange die Aenderung des Atomvolums mit der der Krystallwinkel bei isomorphen Körpern steht.

Nun ist das Atomvolum der Thonerde etwa 182, das der Kieselsäure etwa 200; sie nähern sich mithin einander in dem Grade, wie diefs bei isomorphen Körpern der Fall ist, und wenn auch Korund und Quarz

nicht isomorph sind, so ist diefs doch kein Einwand, weil beide dimorph seyn könnten, und zwar in Formen desselben Systems, wie wir es an der Titansäure beobachten.

Ich glaube daher, dafs man bei der Hornblende die schon von Bonsdorf gemachte Annahme, dafs die Thonerde einen Theil Kieselsäure ersetze, als gegründet ansehen könne.

Unter dieser Voraussetzung haben in der That alle Hornblenden die nämliche Zusammensetzung, d. h. das Sauerstoffverhältnifs der Basen und Säure von 4 : 9, wie folgende Berechnung einiger der besten Analysen thonerdehaltiger Hornblenden darthut.

| | Sauerstoff | | |
|---|---|---|---|
| | der Basen | | der $\dddot{Si}$ u. $\dddot{Al}$ |
| Von Nordmark (Bonsdorf) | 12,63 | : | 28,86 |
| Von La Prese (Kudernatsch) | 12,1 | : | 29,1 |
| Vom Baltymsee (Derselbe) (Uralit) | 12,21 | : | 29,67 |
| Von Kongsberg (Derselbe) | 12,97 | : | 29,77 |
| Von Åker (Bonsdorf) | 12,7 | : | 31,0 |

Diese Bemerkungen waren nothwendig, weil nach den hier entwickelten Principien die Hornblende in der Grundmasse des Meteorsteins von Chateau-Renard berechnet ist.

### I. Meteorstein von Chateau-Renard.

Zufolge der Analyse von Dufresnoy [1]) enthält die Grundmasse:

1) Aus den *Compt. rend.* in diesen Annalen, Bd. LIII S. 411.

| | |
|---|---|
| Kieselsäure | 51,77 |
| Thonerde | 10,22 |
| Eisenoxydul | 17,51 |
| Talkerde | 18,33 |
| Kalkerde | 0,47 |
| Natron | 2,30 |
| Kali | 0,68 |
| | 101,27. |

Berechnet man, von dem Alkaligehalt ausgehend, den Gehalt an *Albit*,

$$\left.\begin{matrix}\dot{K}\\ \dot{N}a\end{matrix}\right\} \dddot{S}i + \dddot{A}l\dddot{S}i^3,$$

so hat man:

| | für den Albit: | | für den Rest: | Sauerstoff: | |
|---|---|---|---|---|---|
| Kieselsäure | 10,54 | Kieselsäure | 41,23 | 21,28 | 24,64 |
| Thonerde | 3,02 | Thonerde | 7,20 | 3,36 | |
| Natron | 2,30 | Eisenoxydul | 17,51 | 3,98 | 11,20 |
| Kali | 0,68 | Talkerde | 18,33 | 7,09 | |
| | 16,54 | Kalkerde | 0,47 | 0,13 | |
| | | | 84,74. | | |

In diesem Rest ist das Sauerstoffverhältnifs folglich $=11,2 : 24,64$, d. h. nahe $=4 : 9$, wonach er Hornblende ist, deren Menge 5 Mal so viel beträgt als die des Albits.

In dem ganzen Meteorsteine würden danach 6,31 Proc. Albit und 31,86 Proc. Hornblende enthalten seyn.

### II. Meteorstein von Blansko.

Nach der Analyse von Berzelius enthält bei diesem die durch Säuren nicht zerlegbare Grundmasse:

| | |
|---|---|
| Kieselsäure | 57,145 |
| Thonerde | 5,590 |
| Talkerde | 21,843 |
| Kalkerde | 3,106 |
| Eisenoxydul | 8,592 |
| Manganoxydul | 0,724 |
| Natron | 0,931 |
| Kali | 0,010 |
| Nickeloxyd / Chromeisen | 1,554 |
| | 99,495. |

Wenn man hier, vom Alkaligehalt ausgehend, daraus die Menge des *Labradors* nach seiner bekannten Formel berechnet, so hat man:

| für den Labrador: | | Sauerstoff | für den Rest: | | Sauerstoff |
|---|---|---|---|---|---|
| Kieselsäure | 10,05 | 5,22 | Kieselsäure | 47,095 | 24,46 |
| Thonerde | 5,59 | 2,61 | Talkerde | 21,843 | 10,8 |
| Kalkerde | 2,24 | 0,87 | Kalkerde | 0,866 | |
| Natron | 0,93 | | Eisenoxydul | 8,592 | |
| Kali | 0,01 | | Manganoxydul | 0,724 | |
| | 18,82. | | | 79,120. | |

Das Sauerstoffverhältnifs von 10,8 : 24,46 ist wiederum nahe $=4:9$; der Rest ist also Hornblende, aber eine thonerdefreie, weil die Menge der Thonerde gerade nur zur Bildung von Labrador hinreichte. Auch hier stehen beide Mineralien nahe in dem Verhältnifs von 1 : 5.

### III. Meteorstein von Chantonnay.

Sein unlöslicher Bestandtheil enthielt:

| | |
|---|---|
| Kieselsäure | 56,252 |
| Thonerde | 6,025 |
| Talkerde | 20,396 |
| Kalkerde | 3,106 |
| Eisenoxydul | 9,723 |
| Manganoxydul | 0,690 |
| Natron | 1,000 |
| Kali | 0,512 |
| Nickeloxyd, Chromeisen | 1,238 |
| | 98,930. |

Schon die grofse Uebereinstimmung des Ganzen mit dem Vorhergehenden läfst auf ein analoges Resultat schliefsn. In der That erhält man:

| für den Labrador: | | Sauerstoff | für die Hornblende: | | Sauerstoff |
|---|---|---|---|---|---|
| Kieselsäure | 10,814 | 5,62 | Kieselsäure | 45,438 | 23,61 |
| Thonerde | 6,025 | 2,81 | Talkerde | 20,396 | |
| Kalkerde | 2,180 | | Kalkerde | 0,926 | 10,51 |
| Natron | 1,000 | 0,94 | Eisenoxydul | 9,723 | |
| Kali | 0,512 | | Manganoxydul | 0,690 | |
| | 20,531 | | | 77,173. | |

Die Substanz besteht also auch hier aus $\frac{1}{5}$ Labrador und $\frac{4}{5}$ Hornblende.

## XI. *Ueber einige oxalsaure Doppelsalze; von G. A. Kayser aus Herrmannstadt in Siebenbürgen.*

Die nachstehende Untersuchung, welche im Laboratorio des Hrn. Dr. Rammelsberg angestellt wurde, betrifft einige Doppelsalze der Oxalsäure, deren Vorhandenseyn bisher entweder gar nicht oder nur unvollständig bekannt war.

### Oxalsaures Zinkoxyd-Ammoniak.

Eine heifse Auflösung von 2fach oxalsaurem Ammoniak wurde mit frisch gefälltem kohlensauren Zinkoxyd bis zur Sättigung versetzt, und das Ganze einige Zeit digerirt. Es entstand dabei ein Niederschlag, der sich als oxalsaures Zinkoxyd erwies; die Flüssigkeit wurde von demselben abfiltrirt und abgedampft. Nach dem Erkalten krystallisirte ein Salz von milchweifser Farbe in warzenförmigen Gruppen. Bei der Untersuchung zeigte es sich, dafs das Salz sowohl Ammoniak als Zinkoxyd enthält. Es ist in kaltem Wasser fast gar nicht auflöslich; durch heifses Wasser wird es zersetzt, indem sich oxalsaures Zinkoxyd ausscheidet; an der Luft verwittert es nach längerer Zeit unter Verlust von Wasser.

I. 1,65 Grm. des Salzes wurden in Chlorwasserstoffsäure aufgelöst. Das Zinkoxyd, mittelst kohlensauren Natrons bestimmt, war =0,29. Die Oxalsäure, mit Chlorcalcium auf gewöhnliche Art gefällt, lieferte 1,07 kohlensauren Kalk, welcher 0,763 Oxalsäure entspricht.

II. 0,59 Grm. des Salzes wurden zur Bestimmung des Zinkoxyds geglüht, und gaben Zinkoxyd =0,1. 1,45 Grm. wurden zur Bestimmung des Ammoniaks mit Wasser und Kali gekocht, das Ammoniak in Chlorwasser-

stoffsäure aufgefangen und mit Platinchlorid bestimmt. Das scharf getrocknete Ammoniumplatinchlorid war =3,18 =0,244 Ammoniak.

| | Gefunden. | | | |
|---|---|---|---|---|
| | I. | II. | Atome. | Berechnet. |
| Ammoniak | | 16,86 | 2 At. | 15,08 |
| Zinkoxyd | 17,58 | 16,95 | 1 - | 17,69 |
| Oxalsäure | 46,24 | | 3 - | 47,46 |
| Wasser | | | 5 - | 19,77 |
| | 100. | | | 100. |

Die Formel dieses Doppelsalzes ist mithin:

$$\dot{Zn}\dddot{C} + 2\dot{N}H^4\dddot{C} + 3\dot{H}.$$

### Oxalsaures Zinkoxyd-Kali.

In eine siedende, sehr concentrirte Auflösung von neutralem oxalsauren Kali wurde trocknes oxalsaures Zinkoxyd eingetragen; es erfolgte eine sichtbare Einwirkung, indem sich ein Theil löste. Nachdem die Flüssigkeit einige Zeit mit einem Ueberschufs des oxalsauren Zinkoxyds digerirt worden war, wurde sie abfiltrirt. Nach dem Erkalten krystallisirte ein Salz in kleinen durchsichtigen Täfelchen. Von kaltem Wasser wird es fast gar nicht aufgelöst, von heifsem wird es zersetzt, indem sich oxalsaures Zinkoxyd aussscheidet. An der Luft verwittert es.

1,5 Grm. des Salzes wurden bis 200° C. erhitzt, wobei sie 0,31 an Wasser verloren. Das getrocknete Salz wurde hierauf geglüht, und das gebildete kohlensaure Kali mittelst heifsen Wassers ausgewaschen. Der Rückstand betrug 0,28 Zinkoxyd. Die Flüssigkeit wurde mit Chlorwasserstoffsäure versetzt und adgedampft; sie hinterliefs 0,59 Chlorkalium =0,3732 Kali.

| | Gefunden. | Atome. | Berechnet. |
|---|---|---|---|
| Zinkoxyd | 18,66 | 1 At. | 19,69 |
| Kali | 24,88 | 1 - | 23,09 |
| Oxalsäure | | 2 - | 35,22 |
| Wasser | 20,66 | 5 - | 22,00 |
| | | | 100. |

Formel: $\dot{Zn}\dddot{C} + \dot{K}\dddot{C} + 5\dot{H}$.

Oxalsaures Magnesia-Kali.

In eine siedende concentrirte Auflösung von neutralem oxalsauren Kali wurde frisch gefällte oxalsaure Magnesia eingetragen, so lange noch eine Einwirkung stattfand, hierauf mit einem Ueberschufs jenes Salzes einige Zeit gekocht und dann filtrirt. Nach dem Erkalten krystallisirte ein Salz in warzenförmig gehäuften Krystallen von milchweifser Farbe. Von kaltem Wasser wird es fast gar nicht aufgelöst, von heifsem wird es zersetzt, indem sich oxalsaure Magnesia ausscheidet. An der Luft verwittert es sehr stark.

1,285 Grm. des Salzes wurden zur Bestimmung des Wassergehalts bis 200° C. erhitzt; sie verloren 0,35. Hierauf wurde das Salz geglüht und das gebildete kohlensaure Kali mit heifsem Wasser ausgelaugt. Der geglühte Rückstand gab 0,14 Magnesia. Die Auflösung des kohlensauren Kalis wurde mit Chlorwasserstoffsäure versetzt und abgedampft; sie lieferte 0,52 Chlorkalium =0,3289364 Kali.

Die aus dieser Analyse gefundene und berechnete Zusammensetzung des Salzes ist folgende:

| | Gefunden. | Atome. | Berechnet. |
|---|---|---|---|
| Magnesia | 10,89 | 1 | 10,66 |
| Kali | 25,59 | 1 | 24,34 |
| Oxalsäure | | 2 | 37,15 |
| Wasser | 27,62 | 6 | 27,85 |
| | | | 100. |

Formel: $\dot{Mg}\dddot{C} + \dot{K}\dddot{C} + 6\dot{H}$.

### Oxalsaures Magnesia-Ammoniak.

In eine siedende concentrirte Auflösung von neutralem oxalsauren Ammoniak wurde oxalsaure Magnesia eingetragen, so lange noch eine Einwirkung stattfand, hierauf mit einem Ueberschufs einige Zeit gekocht und dann filtrirt. Nach dem Erkalten krystallisirte ein Salz in warzenförmigen Gruppen von milchweifser Farbe. Kaltes und heifses Wasser lösen es, aber die Auflösung ist durch oxalsaure Magnesia trübe. Es verwittert an der Luft.

I. 1,015 Grm. des Salzes wurden mit Wasser und Kali gekocht, und das in Chlorwasserstoffsäure aufgefangene Ammoniak wurde mittelst Platinchlorid bestimmt. Es gab Ammoniumplatinchlorid $= 2,85 = 0,219222$ Ammoniak.

3,135 Grm. des Salzes hinterliefsen beim Glühen 0,13 Magnesia.

Da die geringe Menge der Magnesia auf ein Gemenge des gesuchten Doppelsalzes mit oxalsauren Ammoniak zu deuten schien, so wurde seine Darstellung von Neuem auf folgende Art versucht:

Eine siedende Auflösung von 2fach oxalsaurem Ammoniak wurde mit kohlensaurer Magnesia bis zur Sättigung versetzt und einige Zeit im Sieden erhalten. Es entstand ein Niederschlag, der sich als oxalsaure Magnesia erwies; die Flüssigkeit wurde abfiltrirt und abgedampft. Nach dem Erkalten krystallisirte ein Salz mit den nämlichen Eigenschaften als das vorige.

II. 0,64 Grm. wurden geglüht und gaben 0,025 Magnesia.

0,725 Grm. wurden zur Bestimmung der Oxalsäure in Wasser mit einem Zusatz von Chlorwasserstoffsäure aufgelöst, hierauf mittelst Chlorcalcium und Ammoniak die Oxalsäure bestimmt; sie gab 0,54 kohlensauren Kalk $= 0,3851$ Oxalsäure.

Die wiederkehrende gleiche Zusammensetzung spricht

dafür, dafs das Salz kein Gemenge ist. Sein procentischer Gehalt ist demnach folgender:

| | Gefunden. I. | Gefunden. II. | Atome. | Berechnet. |
|---|---|---|---|---|
| Magnesia | 4,14 | 3,9 | 1 | 4,44 |
| Ammoniak | 21,59 | | 6 | 22,11 |
| Oxalsäure | | 53,11 | 7 | 54,13 |
| Wasser | | | 10 | 19,32 |
| | | | | 100,00. |

Bei allen Berechnungen ist das Atom der Oxalsäure =450 gesetzt.

## XII. *Ueber einige Eigenschaften der von Daguerre'schen Lichtbildern erhaltenen galvanischen Kupferplatten; von F. Strehlke.*

Wenn man über einem positiven [1]) Daguerre'schen Lichtbilde eine Platte von galvanischem Kupfer bildet, so zeigt dieselbe nach ihrer Trennung von der Silberplatte bekanntlich ein Abbild des Daguerre'schen Bildes in hellem und dunkelm Kupfer. Die weifsen Stellen des Daguerre'schen Bildes erscheinen auf der Kupferplatte hell fleischroth und von geringerer Politur, die dunkeln Stellen haben eine höhere Politur. Wird dieses Bild auf der galvanischen Kupferplatte, das, trotz aller angewandten Sorgfalt, wohl niemals die Schönheit

1) Ein positives Daguerre'sches Bild zeigt nur im Reflex von dunkeln Gegenständen Lichter und Schatten der Wirklichkeit entsprechend, im weifsen Lichte dagegen, wenn man z. B. ein Blatt Papier vor das Lichtbild hält und darüber hinweg auf das Bild sieht, oder das Licht des Himmels von der Silberplatte reflectiren läfst, erscheinen die dunkeln Parthien der Objecte hell, die hellen dunkel. Die negativen Bilder besitzen diese letzte Eigenschaft in jeder Beleuchtung.

heit des in die Lösung des schwefelsauren Kupfers gebrachten Daguerre'schen Lichtbildes erreicht, mit stark angreifenden Polirmitteln behandelt, so verschwindet jede sichtbare Spur des Bildes auf dem galvanischen Kupfer, und es gelingt sehr bald, diesem eine ausgezeichnet schöne Politur zu geben, wenn man die Hülfsmittel anwendet, welche in der Daguerrotypie im Gebrauch sind. Gleichwohl ist das Bild, bis auf eine gewisse Tiefe, in das galvanische Kupfer eingedrungen, und läfst sich dauernd wieder sichtbar machen, wenn man die Kupferplatte

1) entweder in Quecksilberdämpfe bringt; oder
2) dieselbe schnell erwärmt bis zum Anlaufen der Oberfläche; oder
3) wenn man eine dünne Schicht von Salpetersäure darüber bringt; oder
4) wenn man die Kupferplatte zur negativen Elektrode im galvanischen Strome macht.

I.

Wenn man die galvanische Kupferplatte, welche über einem Daguerre'schen Lichtbilde geformt worden, nach ihrer Trennung von der Silberplatte sorgfältig polirt in den Quecksilberkasten des Daguerre'schen Apparats bringt, das Quecksilber bis zu 60° R. erhitzt und etwa bis 50° sich abkühlen läfst, so kommt das Bild der Kupferplatte, welches durch das Poliren scheinbar verloren gegangen war, im feinsten Detail und mit so scharfer Begränzung in allen seinen Theilen wieder zum Vorschein, wie sie das angewandte Daguerre'sche Bild besafs. Im Reflex von dunkeln Gegenständen erscheinen die hellsten Stellen des Bildes röthlichweifs, und die Farben-Nüancen desselben liegen von da ab bis zum tiefen Braunroth. Das durch die Quecksilberdämpfe auf der galvanischen Kupferplatte hervorgerufene Bild kann mehrere Male durch Polirmittel entfernt werden, es kommt in den Quecksilberdämpfen, wiewohl immer etwas schwächer, wieder zum Vorschein, bis es zuletzt ganz ausbleibt.

Die Dicke der das Bild enthaltenden Kupferschicht ist wahrscheinlich da am gröfsten, wohin die kräftigste Wirkung des nächsten und stärksten Lichts in dem zum Grunde gelegten Daguerre'schen Bilde gefallen war.

In der Voraussetzung, dafs das Abbild im galvanischen Kupfer ein eigentlicher Abdruck des Daguerre'schen Bildes sey, wozu der Anblick eines im Ueberkupfern begriffenen Daguerre'schen Bildes so leicht führen kann, wenn man es einige Minuten nach dem Einlegen in die Lösung des schwefelsauren Kupfers betrachtet, bildete ich einen Irisknopf in galvanischem Kupfer ab, und setzte den erhaltenen Abdruck den Quecksilberdämpfen aus, fand aber an allen Stellen, sowohl den ebenen als den gefurchten eine gleichmäfsige Ablagerung der Dämpfe. Selbst eine verschiedene Dichtigkeit bei derselben Kupferplatte scheint keinen Einflufs auf die verschiedene Art der Condensirung auszuüben; denn Kupfermünzen, deren Gepräge weggeschliffen worden, hatten am Rande und in der Mitte den Quecksilberdampf gleichmäfsig condensirt. Man könnte noch die Eigenschaft der über Daguerre'schen Bildern galvanoplastisch dargestellten Kupferplatten, den Quecksilberdampf verschieden zu condensiren, als eine Wirkung des von dem Lichtbilde ausgegangenen unsichtbaren Lichtes ansehen, welches hier mehrere Tage, so lange die Kupferplatte in der Lösung des schwefelsauren Kupfers bleibt, unter den günstigsten Umständen auf die galvanische Kupferplatte wirkt; aber dieser Ansicht steht der Umstand entgegen, dafs die erwähnte Eigenschaft der galvanischen Kupferplatten eine bleibende ist, während die Wirkungen des unsichtbaren Lichtes auf polirte Metallplatten so leicht nivellirt werden können. Ich hatte im September des vorigen Jahres über einem starken Daguerre'schen Bilde eine galvanische Kupferplatte gebildet, das unmittelbar erhaltene Abbild wegpolirt, und diese Kupferplatte dann unter andere Metallplatten gelegt. Erst im Mai

dieses Jahres nahm ich sie wieder zur Hand, polirte sie auf das sorgfältigste und brachte sie jodirt in die Camera obscura, um zu sehen, ob sich ein Daguerre'sches Bild darauf werde hervorbringen lassen. Es zeigten sich nur schwache Spuren von der zuletzt erhaltenen Einwirkung des Lichts, wie ich die Platte in die Quecksilberdämpfe brachte, aber das im vorigen Jahre wegpolirte Bild war in allen seinen Theilen auf das deutlichste zum Vorschein gekommen.

2.

Das unsichtbar gewordene Bild des galvanischen Kupfers kann auch durch Erwärmung wieder hervorgerufen werden. Zu dem Ende bringt man die galvanische Kupferplatte auf eine andere Kupferplatte, erwärmt jene durch diese, bis die Oberfläche des galvanischen Kupfers sich zu verändern anfängt; dann zeigt sich das Bild in der Oxydschicht desselben. Die den hellen Parthieen des angewandten Daguerre'schen Bildes entsprechenden Stellen erscheinen hier violett, die den dunkeln zugehörigen gelblichgrün, wenn man die Platte im Reflex von dunkeln Gegenständen betrachtet; im Reflex von hellen Gegenständen liegen die erwähnten Farben umgekehrt. Diese durch die Wärme auf dem galvanischen Kupfer hervorgerufenen Bilder sind gewöhnlich fleckig, obgleich man sonst ein genaues Detail darauf wahrnimmt. Vielleicht kann man durch Anwendung starker elektrischer Entladungen durch dünne Platten von galvanischem Kupfer eine gleichförmigere Oxydation der Oberfläche bewirken, und so ein fleckenloses Bild darstellen. Auch diese durch Wärme hervorgebrachten Bilder lassen sich mehrere Male wegpoliren und auf's Neue durch Erwärmung einer darunter gelegten Metallplatte hervorrufen, aber es macht schon einige Mühe, sie durch die gewöhnlichen Polirmittel zu entfernen, da sie so fest an der Oberfläche haften. Uebrigens läſst sich das unsichtbar gewordene Bild des galvanischen Kupfers oft noch, wenn

es nicht mehr in den Quecksilberdämpfen hervortritt, durch die Wärme zur Erscheinung bringen.

3.

Wenn man über der sorgfältig gereinigten und polirten galvanischen Kupferplatte eine Schicht verdünnter Salpetersäure (1 Th. Säure auf 15 Th. Wasser) mit Baumwolle ausbreitet, so kommt das verlorne Bild ebenfalls zum Vorschein. Es ist anfangs ein negatives. Die Stellen desselben, welche den Lichtern des Daguerre'schen Bildes entsprechen, sind in jeder Beleuchtung dunkelroth, die übrigen hell fleischroth; sobald aber die Verbindung der Säure und des Metalls einen grünlichen Ueberzug über die Platte gebracht hat, der durch mehrmaliges Abwischen mit trockner Baumwolle fast unsichtbar wird, so wird das Bild ein positives, in welchem die Farbennüancen durch hell- und dunkelbraun den Lichtern und Schatten der Wirklichkeit entsprechend ausgedrückt sind. Die durch Salpetersäure wieder erweckten Bilder sind, wie die durch die Wärme hervorgerufenen, fest, können aber durch Anwendung von Tripel und Oel entfernt und durch Ausbreitung von verdünnter Salpetersäure mehrere Male von Neuem zur Erscheinung gebracht werden. Andere Säuren habe ich nicht versucht, mit Ausnahme der Schwefelsäure, welche bei der gewöhnlichen Temperatur das Bild nicht hervorbringt.

4.

Auch durch galvanische Elektricität kann das von dem galvanischen Kupfer aufgenommene Bild wieder sichtbar gemacht werden. Man braucht die Platte nur als negative Elektrode in die Lösung eines Metallsalzes zu bringen, so dafs das Metall gezwungen wird, sich auf das Kupfer anzusetzen. Die verschiedenen Abstufungen von hellem und dunkelm Metall, welches die Oberfläche des galvanischen Kupfers überzieht, machen das Bild sichtbar. Ich habe freilich nur galvanische Vergoldung

und Verkupferung angewendet, zweifle aber nicht, dafs auch in anderen Metallen das Bild hervortreten werde. Bringt man die das Bild unsichtbar enthaltende galvanische Kupferplatte nur auf einige Minuten in einen galvanoplastischen Apparat und verbindet sie metallisch mit der Kupferplatte desselben, so tritt das verlorne Bild sogleich in hellem und dunkelm Kupfer hervor, und gleicht durchaus jenem Bilde, wenn man ein Daguerre'sches Lichtbild einige Minuten lang verkupfert hat. In beiden Fällen bildet sich wohl kein eigentlicher Abdruck mit Erhöhungen, sondern das Sichtbarwerden des Bildes hängt von einer verschiedenen Anordnung der Molecüle des galvanischen Kupfers ab, die durch das Licht zunächst für das Quecksilber des Daguerre'schen Bildes eingeleitet worden ist. Wenn man das Ueberkupfern der galvanischen Kupferplatte fortsetzt, so verschwindet zuletzt das Bild. Polirt man nur die Platte und bringt sie in den Quecksilberkasten, so kommt das Bild nicht zum Vorschein, aber erwärmt zeigt die Kupferplatte das Bild auch durch die dickere Schicht des durch den galvanischen Strom abgesetzten Kupfers.

Schliefslich will ich noch einiger Eigenschaften des galvanischen Kupfers überhaupt erwähnen. Besser selbst als Silber eignet es sich zur Hervorbringung der Moser'schen Bilder und der Knorr'schen Wärmebilder. Wenn Hohlspiegel aus galvanischem Kupfer, die über convexen Spiegeln gebildet worden, bei kleinen Dimensionen eine ausgezeichnete Wirkung haben, so liegt der Grund davon auch in der Elasticität des langsam bereiteten galvanischen Kupfers.

## XIII. *Hervorbringung eines Vacuums mittelst der Centrifugalkraft des Quecksilbers; von Hrn. Plateau.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verfasser aus dem *Bullet. de l'acad. roy. de Bruxelles*, T. X.)

In der Sitzung vom April dieses Jahres habe ich der Academie das Resultat eines mir sonderbar scheinenden Versuchs, bestehend in der Hervorbringung eines Vacuums mittelst der Centrifugalkraft des Quecksilbers, mündlich mitgetheilt. Die damals anwesenden Mitglieder werden sich erinnern, dafs ich eine kurze Beschreibung meines Apparates gab. Um dieselbe Zeit zeigte ich den Versuch den HH. Lamarle und Timmermans, zweien meiner Kollegen an der Universität zu Gent, Hrn. Duprez, Professor an der Gewerbschule derselben Stadt, und endlich meinen Zöglingen in einer meiner Vorlesungen.

Nun lese ich so eben im *L'Institut* vom 28. Juli d. J., dafs Hr. Cavarra der Pariser Academie eine Abhandlung über eine *Centrifugal-Luftpumpe* eingesandt habe.

Ich weifs durchaus nicht, ob zwischen dem von Hrn. Cavarra angewandten Verfahren und dem, durch welches ich mittelst der Centrifugalkraft ein Vacuum hervorbringe, irgend eine Beziehung stattfinde. Ich weifs auch nicht, ob dieser Physiker vor mir Versuche angestellt und gezeigt habe. Endlich bin ich auch noch nicht dahin gelangt, nach dem besagten Princip eine wahrhafte Luftpumpe construirt zu haben, und ich bekenne sogar, diefs Princip für wenig geeignet zu einer solchen Anwendung zu halten. Allein ich glaube hier an die Thatsachen erinnern zu dürfen, die mir vielleicht die Erstheitsrechte auf die Erfindung verleihen, *das Vacuum auf die eine*

*oder andere Weise mittelst der Centrifugalkraft hervorzubringen.*

Ueberdiefs kann mein Apparat, der sehr einfach ist, mit Vortheil in physikalischen Vorlesungen angewandt werden, als Mittel die Centrifugalkraft bei Flüssigkeiten nachzuweisen, und zugleich zu zeigen, dafs diese Kraft grofse Widerstände zu überwinden vermag. Seine Einrichtung ist folgende:

Ein Glasrohr, etwa von 5 Millimeter innerem Durchmesser und an beiden Enden offen, ist zwei Mal rechtwinklich gebogen, so dafs es drei Seiten eines Rechtecks bildet. Der mittlere Theil hat 38 Centimeter Länge, die beiden andern jeder 30 Centimeter. Das Rohr ist auf einem drehbaren Gestell wohl befestigt, so, dafs der lange Arm horizontal, und die beiden andern senkrecht, mit dem offenen Ende aufwärts, sind. Das Gestell ist, mittelst eines Systems von Rollen drehbar um eine senkrechte Axe, deren Verlängerung durch die Mitte des horizontalen Theils der Röhre geht. Endlich enthält die Röhre in dem horizontalen Arm und in einem Theil der verticalen Arme, etwa 8 Centimeter hoch, Quecksilber.

Giebt man diesem Apparat eine allmälig gesteigerte Rotationsgeschwindigkeit, und erreicht diese einen gewissen Werth, so sieht man das Quecksilber sich in der Mitte des horizontalen Armes, d. h. in der Rotationsaxe, trennen, und die beiden Quecksilbersäulen, bei fortwährend steigender Geschwindigkeit, sich immer mehr von einander entfernen, sonach ein Vacuum zwischen sich bildend. Man kann sie solchermafsen 20 Centimeter von einander entfernen.

Bei diesem Versuch können die Quecksilbersäulen in dem horizontalen Arme nicht von einander weichen, ohne nicht in den aufrechten Armen eben so viel zu steigen, und dabei den Druck der Atmosphäre nebst dem aus ihrem eigenen Gewichte entspringenden Widerstand zu überwinden. Dieser Versuch ist also sehr ge-

eignet zu zeigen, dafs eine von der Centrifugalkraft angetriebene Flüssigkeit einen bedeutenden Effect ausüben kann.

Es ist unumgänglich nothwendig, so viel Quecksilber in die Röhre zu giefsen, dafs dasselbe, wie gesagt, im Zustande der Ruhe einen Theil der aufrechten Arme einnimmt. Ohne diese Vorsicht würde von den ersten Umläufen der Maschine an Luft in den wagerechten Arm eindringen und das Quecksilber gewaltsam zum Apparat hinausgeschleudert werden.

## XIV. *Ueber optische Versuche und über einen Apparat zur Bewährung gewisser Eigenschaften des Schwerpunkts; von Hrn. Plateau.*

(Aus dem *Bullet. de l'acad. roy. de Bruxell. T. X*, vom Hrn. Verfasser mitgetheilt.)

Hr. P. unterhält die Academie mit einigen Versuchen, die er zum Behufe physikalischer Vorlesungen erdacht hat.

Zuvörderst, um die Wiederzusammensetzung der Farbenstrahlen des Sonnenspectrums zu zeigen, läfst er das Lichtbündel nach seinem Austritt aus dem Prisma durch eine cylindrische Linse gehen. Sobald die Axe dieser winkelrecht ist auf der Kante des brechenden Winkels des Prismas, erhält man ein in die Breite gezogenes Spectrum, oder, anders gesagt, lange parallele Streifen von respective den Farben des Spectrums. Diefs erklärt sich leicht. Ist dagegen die Axe der Linse parallel der Kante des brechenden Winkels, so zieht sich jede Farbe nothwendig im Sinne der Länge des Spectrums aus, und, wenn die Linse zweckmäfsig gestellt ist, so überdecken sich alle diese farbigen Bilder, und erzeugen einen langen, vollkommen farblosen Streifen. Wenn nun die Linse

so gefafst ist, dafs sie sich um sich selbst drehen, und somit allmälig aus der ersten in die zweite Lage kommen kann, so kann man in dem Bilde das Fortschreiten der Verbindung verfolgen, und die Farben nach und nach bis zum vollständigen Verschwinden erblassen sehen.

Zweitens, um einem ganzen Auditorio zu zeigen, dafs die Verbindung zweier homogenen Strahlen durch ein zweites Prisma zerstört wird, setzt der Verf. zunächst in den Schieber (*porte-lumière*), welche den Sonnenstrahl in die dunkle Kammer einläfst, ein doppelbrechendes achromatisirtes Prisma, und fängt dann das dadurch gebildete Doppelbündel mit einem gewöhnlichen Prisma auf; er erhält sonach ein doppeltes Spectrum. Wenn nun die beiden Bündel sich nicht zu sehr von einander entfernen, so kann man, durch zweckmäfsiges Drehen des doppeltbrechenden Prismas um sich selbst, es dahin bringen, dafs die beiden Spectras einander zum Theil überdecken. Nun fange man sie mit einem schwarzen Schirm auf, der eine enge Oeffnung hat, die ein aus dem gemeinschaftlichen Theil der beiden Spectra herkommendes Bündel durchläfst. Man erhält dadurch, wie ersichtlich, ein einziges Bündel, bestehend aus zwei verschiedenen homogenen Strahlen, welches sich auf der gegenüberstehenden Wand abmalt, ein Bild, dessen Farbe aus der Mengung der Farben beider Strahlen hervorgeht. Fängt man aber dieses einzige Bündel mit einem zweiten Prisma auf, das unmittelbar hinter dem Schirm aufgestellt ist, so wird die Verbindung zerstört, die beiden, dieselbe zusammensetzenden Strahlen trennen sich, und man erhält auf der Mauer zwei unterschiedene Bilder von respective den Farben der beiden Strahlen, um die es sich handelt.

Endlich läfst der Verf. unter den Augen der Versammlung einen Apparat wirken, der zum Nachweise der meisten Eigenschaften des Schwerpunkts bestimmt ist. Dieser Apparat besteht aus einem soliden System, eine Spitze

darstellend, mittelst welcher man dasselbe auf eine kleine Horizontalebene stellen kann; er ist versehen mit einer Reihe kleiner Gewichte, die, beweglich durch Klemmschrauben, erlauben den Schwerpunkt nach allen Richtungen zu verschieben. Man kann diesen genau auf den Scheitel der Spitze bringen, und dann erhält sich der Apparat in allen Stellungen, die man ihm giebt, im Gleichgewicht. Führt man den Schwerpunkt unter die Spitze, so erzeugt man eine stabile Gleichgewichtslage, in welche der Apparat wieder zurückkehrt. Bringt man endlich den Schwerpunkt oberhalb der Spitze, so giebt es nur noch ein instabiles Gleichgewicht und der Apparat schlägt nach allen Seiten um.

---

## XV. *Atmosphärisch-optische Erscheinung, beobachtet von Hrn. Langberg.*

(*Nyt Magazin for Naturvidenskaberne. Utgives af den physiographiske Forening i Christiania*, *Bd. III S.* 402.)

---

Als ich am 20. Januar 1841, etwa 3 Uhr Nachmittags, längs dem Bogstad Vand, einem kleinen Landsee, unweit Christiania (500 Fuſs über dem Meere), spatzieren ging, wurde ich auf folgende Erscheinung aufmerksam. Auf der schneebedeckten Eisfläche des Sees sah ich, sobald ich mich gegen die nahe am Horizonte stehende Sonne wandte, eine leuchtende, regenbogenfarbene Curve.

Die leuchtende Curve schien so breit, wie ein gewöhnlicher Regenbogen, und von der Gestalt einer Parabel mit ziemlich kleinem Parameter. Der Scheitelpunkt und die Axe der Parabel fielen zusammen mit der Horizontalprojection der Linie, welche das Auge mit der Sonne verband, und der Scheitelpunkt lag dicht neben

mir, etwa 8 bis 10 Ellen von meinem Standpunkt. Mein Auge mochte wohl 12 Fufs über der Schneefläche des Eises befindlich seyn. Die Zweige der Parabel erstreckten sich deutlich und ununterbrochen bis zur gegenüberliegenden Seite des Sees, und wenn ich meine Stelle veränderte, drehte sich die Parabel so, dafs ihre Axe stets in der Projection der Gesichtslinie vom Auge zur Sonne lag und mir folglich längs der Breite des Sees folgte.

Die Farben waren ziemlich lebhaft und deutlich, roth an der innersten concaven, und grün an der äufsersten convexen Seite der Curve. Die innerste rothe Seite war scharf begränzt, aber die äufserste grüne ging fast unmerklich über in den leuchtenden Reflex der Sonnenstrahlen an den vielen Krystallen der Schneefläche. Auffallend war es mir, dafs ich innerhalb des rothen Randes der Parabel nicht einen einzigen der vielen Reflexe erblickte, welche sonst wie Sterne oder Juwelen auf einer von der Sonne beschienenen Schneefläche flimmern; aber aufserhalb des grünen Randes, und besonders in dessen Nähe, flimmerte die Schneefläche wie gewöhnlich in den Sonnenstrahlen.

Die Schneefläche bestand überall aus einer Menge äufserst kleiner, feinkörniger und lose liegender Schneekrystalle; sie glichen Brocken von feinem weifsen Marmor. Der Schnee war zugleich sehr trocken, so dafs er sich wie Staub erhob, wenn ich darauf bliefs oder mit dem Stocke schlug. Die Luft war ganz ruhig, und die Temperatur, als ich das Phänomen beobachtete, —16° R., war aber Vormittags um 11 Uhr —18°,5 gewesen, und in der Nacht vermuthlich noch ein Paar Grade niedriger. Am Tage zuvor (am 19.) war es auch sehr kalt und der Himmel klar gewesen; wogegen an den früheren ebenfalls kalten Tagen, den 17. und 18., ein ungewöhnlich starker Sturm mit Schneetreiben herrschte.

Am folgenden Tage, den 21., um dieselbe Zeit, sah ich noch eine Spur von dem beschriebenen Phänomene,

aber seitdem habe ich niemals etwas Aehnliches bemerken können.

---

## XVI. *Ein muthmafslicher und ein thatsächlicher Meteorsteinfall.*

---

In einem Schreiben aus Rheine im Westphälischen Merkur vom 8. Aug. d. J. liest man: In der Nacht vom 6. auf den 7. d., zwischen 1 und 2 Uhr, wurde hier eine Erscheinung in der Luft bemerkt, die ihrer Eigenthümlichkeit und Schönheit halber, auch weil sie ihrer anscheinend grofsen Nähe wegen vielleicht nur hier gesehen worden, wohl der öffentlichen Mittheilung werth seyn dürfte.

Bei ziemlich sternhellem Himmel entstand nämlich im Südwesten, anscheinend ganz nahe in einer Höhe von etwa 41 Graden über dem Horizont, plötzlich eine etwa 10 Zoll grofse kugelförmige Scheibe von äufserst hellglänzendem, weifsem Feuer, welche fast im Augenblicke ihres Entstehens sich in eine Menge herunterschiefsender, theilweise schlangenförmiger Strahlen von gleich glänzendem Feuer und bedeutender Länge auflöste; die Strahlen selbst aber verschwanden, nachdem am Ende eines jeden derselben ein Stern von noch hellerem Licht wie bei einer Leuchtkugel erschien, und ohne dafs während ihres Sichtbarseyns die Länge ihrer vom Kern der Scheibe ausgehenden Linie unterbrochen worden, alle gleichzeitig und plötzlich nach einer Dauer von etwa vier Secunden. Etwa funfzehn Secunden später ertönte ein dumpfer, langsam nach Südosten hin verhallender Donner. Referent dieses, welcher die Erscheinung im Freien, etwa fünf Minuten von hiesiger Stadt, ganz genau beobachtete, bemerkte noch, dafs während deren Dauer die Gegenstände umher wie von weifsem bengalischem Feuer

erleuchtet erschienen, ganz verschieden von dem blendenden Lichte des Blitzes, so wie, dafs von diesem Lichte die Südwestseite der Häuser selbst in der Stadt, wie von Mehreren gesehen worden, erleuchtet war.

[Wenn es mit dem Donner seine Richtigkeit gehabt hat, so ist das Meteor offenbar eine innerhalb der Atmosphäre zerplatzte Feuerkugel gewesen, und es wäre daher zu wünschen, dafs man suchte der niedergefallenen Steine habhaft zu werden. *P.*]

Man meldet aus Erfurt, sagt die Vossische Zeitung vom 6. Oct. d. J.: — Am 16. September d. J., Nachmittags gegen 4¾ Uhr, waren die Ehefrau des Holzhauers Caspar Schulze, geb. Köthen, aus Kleinwenden, und der Webergeselle Heinrich Schwarzburger, ebendaher, Augenzeugen einer seltenen Naturerscheinung. Sie befanden sich Beide um die genannte Zeit in der Nähe der Königl. Domaine *Münchenlohra*, im landräthlichen Kreise *Nordhausen*. Der Himmel war ganz hell, nirgends umwölkt, auch eine Gewitterschwüle durchaus nicht bemerkbar. Plötzlich vernahmen sie einen aufserordentlich starken Knall hoch in der Luft, welchem etwa 2 Secunden ein Gesause und zuletzt ein Geprassel folgte. Die erschreckten Leute hatten bemerkt, dafs dabei etwas aus der Luft zur Erde gefallen war. Anfangs wagten sie sich nicht heran. Nach einer Weile fafsten sie aber Muth, und fanden, 66 Schritte von ihrem Standpunkte entfernt, einen mit der Spitze 5 Zoll tief in die Erde eingedrungenen schwarzen Stein, der noch so heifs war, dafs, als die etc. Schulze darauf spuckte, der Speichel ohne Zischen sofort verdampfte. Nach einiger Zeit griffen sie den Stein an, fanden ihn aber noch so warm, dafs sie erst nach längerem Warten denselben aufzuheben wagten. Später wurde dieser Stein dem Landrath von Byla zu Nordhausen zugeschickt, welcher ihn dem Director der dortigen Realschule, Fischer, und dem Oberlehrer Dr. Kützing zur näheren Untersuchung vor-

legte. Beide Herren haben ihn für einen Meteorstein anerkannt. Er hatte ungefähr die Gestalt einer vierseitigen Pyramide und wog 6½ Pfund. Bei seinem Niederfallen ist weder eine Lichterscheinung, noch ein Geruch nach Schwefel oder Phosphor bemerkt worden.

## XVII. *Sonderbare Wirkung eines Blitzschlages.*

Eine Magistratsperson, Eigenthümer im Departement Indre-et-Loire, würde im Juli 1841 vom Blitz getroffen, und blieb ziemlich lange ohnmächtig liegen; überdiefs erhielt sie durch Berührung mit der vollständig geschmolzenen Kette ihrer Uhr eine Brandwunde. Zwei Verwandte bemerkten mit Erstaunen, dafs sie auf der Brust Flecke hatte, die vollkommen Pappelblättern ähnelten. Diese Flecke verschwanden allmälig in dem Maafse als der Blutumlauf wieder eintrat. Ein Müllerbursche, der noch stärker getroffen war, blieb todt. Auch auf seiner Brust fand man dieselben blätterähnlichen Flecke. Am andern Morgen waren diese durch die angefangene Verwesung etwas schwächer.

Die *Comptes rendus*, aus deren No. 23 (*T. XVI p.* 1328) diese Nachricht entnommen ist, fügen Folgendes hinzu:

Am 10. Mai 1785 schlug der Blitz in den Glockenthurm des Kollegiums von Riom, in der Auvergne; er fuhr an dem (vom Regen ganz durchnäfsten) Strick einer der Glocken herab, und tödtete einen daneben stehenden Mann, indem er in die Ferse eintrat und zum Kopf hinausfuhr. Er hinterliefs auf dem Körper dieses Mannes sonderbare Zeichen, die in einem Bericht an die Academie der Wissenschaften, vom 5. Aug. 1786, folgendermafsen beschrieben werden:

»Es scheint, dafs er bei seinem Durchgang das Blut

in alle Gefäſse der Haut getrieben, und so alle Verästelungen dieser Gefäſse äuſserlich sichtbar gemacht habe.«

»Wie ungewöhnlich diese Thatsache auch scheinen mag, fahren die Berichterstatter fort (die HH. Bossut und Leroy), so ist sie doch nicht neu: der Pater Beccaria bringt eine ähnliche bei. Auch Hr. Franklin hat es einem von uns, Hrn. Leroy, mehrmals erzählt, daſs ein Mann, etwa in den vierzigen, der während eines Gewitters in einer Thür stand, den Blitz auf einen gegenüberstehenden Baum fallen sah, und daſs man hierauf, wie durch ein Wunder, ein Abbild dieses Baums auf der Brust des Mannes wahrnahm . . . Hr. Besile (Verfasser des Berichts über den Blitzschlag von Riom) steht, mit Recht, nicht an, diese Wirkung der Ursache zuzuschreiben, auf welche wir dieselbe, nach ihm, bezogen haben, nämlich der Irruption des Bluts in die Hautgefäſse, welche ganz ähnlich wie eine Injection wirkt.

## XVIII. *Ueber die Priestley'schen runden Flecke, welche durch sehr schwache elektrische Funken gebildet werden; von Hrn. Ch. Matteucci.*

Alle Physiker kennen die Versuche von Priestley; als derselbe eine Batterie von 40 Quadratfuſs Oberfläche sich zwischen zwei Kupferknöpfen oder durch ein Zinnblatt entladen lieſs, erhielt er einen runden, in der Mitte geschmolzenen Fleck, umgeben von einem Kreise schwarzen Staubes, der von mehren Kreisen mit sehr glänzenden prismatischen Farben eingeschlossen war. Die Erscheinungen, welche ich beschreiben will, haben groſse Analogie mit den Priestley'schen Flecken. Ich nehme eine Daguerre'sche Platte und stelle sie vor das stumpfe Ende eines Messingstabes, der mit dem Conductor der Elektrisirmaschine gemeinschaftet. Nach einigen Umgängen, drei bis vier, sieht man auf der Tafel, an einem dem Ende des Stabes entsprechenden Punkt, einen gewöhnlich kreisrunden Fleck von schwärzlicher Farbe. Dieser Fleck hält 2 bis 3 Millim. oder mehr im Durchmesser, denn er scheint immer die Grundfläche des vom Funken gebildeten Lichtkegels zu seyn.

Der Fleck bildet sich auch, wenn man beinahe an denselben Punkten einige Funken auffängt. Diesen Fleck, der anfangs nur schwärzlich ist, sieht man, wenn man fortfährt die elektrische Entladung überspringen zu lassen, sich ausbreiten, in der Mitte weiſs werden, und nach auſsen sich umgeben mit Kreisen von prismatischen Farben, die man unter der Lupe wohl erkennt. Um die Elektricität der Maschine überspringen zu lassen, wandte ich statt des Messingstifts sehr verschiedene Körper an, z. B. Silber-, Platin-, Kupferdraht oder ein Kohlenstück; ich hielt diesen verschiedenen Körpern die Daguerre'sche Platte entgegen, und erhielt gleichfalls den beschriebenen Fleck. Ich untersuchte, welchen Einfluſs die Gase auf diese Erscheinungen haben würden. Ich richtete den Apparat so ein, daſs ich unter der Glocke der Luftpumpe zwischen einer Metallspitze und der Daguerre'schen Platte einen kleinen Funken überspringen lassen konnte. Ich erhielt den Fleck, und fast in der nämlichen Zeit, bis der Druck bis auf $0^{m},014$ verringert war. Ich erhielt ihn auch in mehr oder weniger verdünnter Kohlensäure und im Stickgase. In diesen verschiedenen Fällen schien sich mir der Fleck fast in derselben Zeit zu bilden, wie in der atmosphärischen Luft.

Durch Erhitzen der Platte mit einer Weingeistflamme ist es sehr schwer den Fleck fortzuschaffen, und wenn man die Wärme zu lange wirken läſst, wird er endlich weiſs. Dieser Fleck haftet ziemlich stark an der Platte. Ziemlich starke Lösungen von Kali oder Natron zerstören ihn nicht, eben so wenig Wasser, das mit Schwefelsäure angesäuert worden. Nur verdünnte Salpetersäure und concentrirte Ammoniakflüssigkeit wirken stark genug, um diesen Fleck fortzunehmen; dieſs könnte glauben lassen, man habe es hier mit Silberoxyd zu thun. Als ich die starke Ladung einer Batterie von zehn groſsen Flaschen durch zwei Daguerre'sche Platten gehen lieſs, erhielt ich nichts den eben besprochenen Flecken Aehnliches. Ich sah sehr schöne Sterne von goldgelber Farbe sich bilden, entsprechend den beiden Kugeln des Ausladers, zwischen denen die Platten sich befanden. (*Compt. rend. T. XVI p.* 850.)

1843. ANNALEN №. 10.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LX.

# I. *Untersuchungen über das Klima von Paris, und über die vom Monde bewirkte atmosphärische Ebbe und Fluth;*

*von Dr. Otto Eisenlohr zu Karlsruhe.*

Ich habe schon früher mehrere Aufsätze über den Einfluſs des Mondes auf den Barometerstand und die Witterung in diesen Annalen [1]) bekannt gemacht, und stets die Absicht gehabt, meine Untersuchungen über diesen für die Meteorologie und Astronomie so wichtigen Gegenstand noch weiter auszudehnen; hauptsächlich wünschte ich die vom Monde bewirkte atmosphärische Ebbe und Fluth, welche Bouvard [2]) nach theoretischen Annahmen berechnet hat, so wie den Einfluſs des anomalistischen Umlaufs des Mondes auf den Barometerstand und die Witterung aus genauen Beobachtungen zu bestimmen, aber ich konnte keine solche erhalten, welche hierzu geeignet waren. Die früher von mir benutzten Karlsruher und Straſsburger Beobachtungen sind zwar zur Aufsuchung des Einflusses des synodischen und anomalistischen Umlaufs des Monds geeignet, aber wegen der nur drei Mal täglich und dabei nach den Jahreszeiten an verschiedenen Tagesstunden angestellten Beobachtungen zur Bestimmung der atmosphärischen Ebbe und Fluth unbrauchbar. Wenn nämlich der mittlere Barometerstand für jede

1) S. Poggendorff's Annalen, Bd. XXXV S. 140 und 309, wo die früheren von mir und Andern bekannt gemachten Aufsätze angegeben sind.

2) Bouvard, Berechnung der vom Monde bewirkten atmosphärischen Fluth; ausden *Mémoires de l'cadémie royale des sciences, T. VII p.* 267, in Poggendorff's Annalen, Bd. XIII S. 137.

Stunde zwischen zwei aufeinanderfolgenden oberen Meridiansdurchgängen des Monds genau bestimmt werden soll, müssen die durch andere Ursachen hervorgebrachten Schwankungen des Barometers entfernt werden, unter welchen namentlich die von den Mondsphasen bewirkten, und die täglichen regelmäfsigen Schwankungen des Barometers von Wichtigkeit sind. Diese Ursachen würden ohne merklichen Einflufs seyn, wenn stündliche Beobachtungen gegeben wären, sie müssen aber desto störender einwirken, an je weniger Stunden die Beobachtungen angestellt sind; so geben z. B. die gewöhnlich Morgens 7, Mittags 2 und Abends 9 Uhr angestellten Beobachtungen die Barometerstände nur für solche Stunden an, wo der Neumond meistens über, der Vollmond aber meistens unter dem Horizont sich befindet. Aus diesem Grunde würden stündliche oder wenigstens acht Mal täglich, nämlich alle drei Stunden angestellte Beobachtungen zur vollständigen Bestimmung des mittleren Barometerstands für jede Mondsstunde bei jeder Phase erforderlich seyn; weil aber, so viel mir bekannt ist, keine solche, mehrere Jahre hindurch fortgesetzte Barometerbeobachtungen vorhanden sind, so wählte ich für diese Untersuchung die auf der Sternwarte zu Paris von Bouvard angestellten und in den *Annales de chimie et physique* monatlich mitgetheilten Beobachtungen, welche den Barometerstand vier Mal täglich angeben, und dabei hinsichtlich ihrer Genauigkeit vollkommenes Vertrauen verdienen.

Die von mir benutzten Beobachtungen umfassen einen Zeitraum von 22 Jahren (1819 bis 1840); die Tabellen geben die auf 0° Wärme reducirten Barometerstände in Millimetern, und die Thermometerstände in Graden der hunderttheiligen Skale für Morgens 9, Mittags 12, Abends 3 und Nachts 9 Uhr; sie enthalten dabei noch für jeden Tag das mit einem Thermometrographen bestimmte Maximum und Minimum der Temperatur,

und die Höhe des gefallenen meteorischen Wassers in Millimetern. Ferner sind auch die Beobachtungen des Haarhygrometers vier Mal täglich und die Windrichtung, so wie die Witterung überhaupt um Mittag angegeben; beide letztere können aber wegen ihrer Mangelhaftigkeit zur Aufsuchung genauer Resultate nicht gebraucht werden.

Damit alle nöthigen Correctionen ausgeführt werden konnten, war erforderlich, die mittleren Barometerstände für jede der vier Beobachtungsstunden und für jede Mondsphase zu bestimmen, und zur Beurtheilung der Richtigkeit derselben auch die monatlichen und jährlichen Resultate des Barometers für den obigen Zeitraum aufzusuchen. Zugleich habe ich aber auch die Resultate aus den Beobachtungen der Maxima und Minima der Temperatur und der Regenmenge aufgesucht, indem dieselben ebenfalls nicht uninteressant seyn dürften. — Daher theile ich diese Abhandlung in drei Abschnitte, wovon der erste die monatlichen und jährlichen Resultate des Barometers, des Thermometers und der Regenmenge; der zweite die mittleren Barometerstände für jede Mondsphase, und der dritte die Bestimmung der vom Monde bewirkten atmosphärischen Ebbe und Fluth enthält.

## Erster Abschnitt.

### Ueber den Barometerstand, die [illegible]atur und die Regenmenge zu Paris.

Das Niveau des Barometers liegt 224 Par. Fuſs oder [illegible]2,76 Meter über dem Meer, die Barometerstände sind auf 0° C. reducirt und in Millimetern angegeben, wobei ich aber in den Tabellen zur Abkürzung gewöhnlich 700, und bei den mittleren Barometerständen immer 750 Millimeter weggelassen habe, welche man diesen Zahlen stets zuzählen muſs. Die Beobachtungen umfassen 22 Jahre oder 8036 Tage und 32144 Beobachtungen.

Ich theile hier zuerst die Resultate [1]) der einze
Jahre mit, nämlich die wirklichen Maxima und Mi
des Barometerstands, ferner die mittleren Stände an
vier Beobachtungsstunden, und die mittleren Barom

1. Jährliche Resu

| Jahr. | Höchster Stand. | | Tiefster Stand. | |
|---|---|---|---|---|
| | H. St. | Tag, Monat. | T. St. | Tag, M |
| 1819 | 70,89 | 1. Jan. | 38,00 | 1. M |
| 1820 | 72,60 | 9. - | 26,33 | 24. |
| 1821 | 80,82 | 6. Febr. | 15,54 | 24. I |
| 1822 | 75,93 | 27. - | 34,60 | 2. |
| 1823 | 72,23 | 7. Dec. | 22,34 | 2. F |
| 1824 | 73,24 | 27. Mai - | 28,66 | 12. C |
| 1825 | 76,35 | 10. Jan. | 26,82 | 10. N |
| 1826 | 74,79 | 17. - | 31,53 | 13. |
| 1827 | 73,48 | 28. Dec. | 33,50 | 4. M |
| 1828 | 71,10 | 12. - | 30,54 | 21. F |
| 1829 | 73,46 | 3. Febr. | 34,68 | 7. C |
| 1830 | 71,90 | 1. Jan. | 29,42 | 9. I |
| 1831 | 72,40 | 8. - | 33,80 | 30. A |
| 1832 | 71,02 | 4. April | 38,05 | 30. |
| 1833 | 74,04 | 8. Jan. | 30,68 | 1. |
| 1834 | 72,00 | 27. Dec. | 39,46 | 10. J |
| 1835 | 76,63 | 2. Jan. | 30,16 | 10. C |
| 1836 | 75,81 | 2. - | 24,00 | 28. M |
| 1837 | 72,41 | 14. Oct. | 37,74 | 13. S |
| 1838 | 72,31 | 31. Dec. | 28,88 | 25. F |
| 1839 | 71,53 | 1. Jan. | 35,77 | 20. |
| 1840 | 72,37 | 11. - | 31,70 | 4. |
| Mittel | 73,51 | 14. Jan. | 31,01 | 19. J |

Der mittlere Barometerstand zu Paris ist also =755,9
Millimeter oder =335,1064 Par. Linien, und es erg
sich hieraus, wenn der Barometerstand an der Meere
che =338,09 Par. Lin. gesetzt wird, eine Höhe von 22
Par. Fufs oder von 73,43 Metern.

1) Die hier mitgetheilten Resultate sind alle von mir selbst bere
und nicht den in den *Annales de chimie* enthaltenen Tabelle
nommen.

ıde vom ganzen Jahr, wobei zu berücksichtigen ist, s die letztern nicht aus den mittleren Stunden der ölf Monate, sondern aus der Summe aller Beobachgen vom ganzen Jahre berechnet sind.

Barometers.

| | Mittlere Barometerstände. | | | |
|---|---|---|---|---|
| . | 12h. | 3h. | 9h. | Mittel. |
| 04 | 4,863 | 4,389 | 4,789 | 4,786 |
| 77 | 5,838 | 5,352 | 5,712 | 5,745 |
| 36 | 5,755 | 5,285 | 5,764 | 5,697 |
| 37 | 7,158 | 6,591 | 7,020 | 7,052 |
| 33 | 4,796 | 4,353 | 4,633 | 4,704 |
| 17 | 5,567 | 5,072 | 5,385 | 5,460 |
| 12 | 7,430 | 6,873 | 6,962 | 7,252 |
| 57 | 7,047 | 6,509 | 6,868 | 6,948 |
| 11 | 5,995 | 5,484 | 5,847 | 5,884 |
| 06 | 6,084 | 5,616 | 5,982 | 5,997 |
| 77 | 5,107 | 4,641 | 5,145 | 5,068 |
| 18 | 5,691 | 5,255 | 5,722 | 5,646 |
| 56 | 5,157 | 4,676 | 5,176 | 5,091 |
| 03 | 7,548 | 7,025 | 7,597 | 7,515 |
| 00 | 5,508 | 4,988 | 5,521 | 5,452 |
| 14 | 8,650 | 8,073 | 8,690 | 8,607 |
| 70 | 6,990 | 6,494 | 7,114 | 6.967 |
| 3 | 5,038 | 4,578 | 5,165 | 5,036 |
| 6 | 6,381 | 5,861 | 6,360 | 6,322 |
| 9 | 4,365 | 3,896 | 4,355 | 4,324 |
| 6 | 5,102 | 4,631 | 5,048 | 5,041 |
| 2 | 6,135 | 5,628 | 6,198 | 6,113 |
| 7 | 6,009 | 5,512 | 5,957 | 5,941 |

Von den vier Beobachtungsstunden hat 9h Morgens höchsten, 3h Abends den tiefsten Barometerstand, 12h steht das Barometer immer, um 9h Abends genlich über, in manchen Jahren aber auch unter dem el.

Der Unterschied zwischen dem höchsten und tiefsten ichen mittleren Barometerstand beträgt 4,283 Millir; der Unterschied zwischen den gröfsten, in diesem

Zeitraum beobachteten Extremen des Barometerstands, welche beide im Jahr 1821 vorkommen, beträgt 65,28 Millimeter, im Durchschnitt aber jährlich 42,50 Millimet.

2. Monatliche Resultate des Barometers.

| Monat. | Barometer. | | | Mittlere Barometerstände. | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | H. St. | T. St. | Unterschied. | 9h. | 12h. | 3h. | 9h. | Mittel. |
| Jan. | 71,008 | 38,906 | 32,102 | 7,825 | 7,495 | 7,127 | 7,406 | 7,463 |
| Febr. | 69,719 | 38,809 | 30,910 | 7,252 | 7,053 | 6,490 | 6,870 | 6,916 |
| März | 67,271 | 38,773 | 28,498 | 6,305 | 6,032 | 5,404 | 5,992 | 5,933 |
| Apr. | 65,308 | 39,251 | 26,057 | 4,851 | 4,474 | 3,869 | 4,436 | 4,407 |
| Mai | 64,907 | 44,490 | 20,417 | 5,472 | 5,157 | 4,625 | 5,075 | 5,082 |
| Juni | 64,352 | 46,270 | 18,082 | 6,574 | 6,338 | 5,867 | 6,260 | 6,260 |
| Juli | 63,738 | 47,545 | 16,193 | 6,705 | 6,416 | 5,957 | 6,316 | 6,348 |
| Aug. | 63,718 | 45,193 | 18,525 | 6,272 | 5,907 | 5,404 | 5,825 | 5,852 |
| Sept. | 64,987 | 42,660 | 22,327 | 5,855 | 5,572 | 5,033 | 5,608 | 5,513 |
| Oct. | 67,354 | 39,092 | 28,262 | 6,385 | 6,142 | 5,611 | 6,113 | 6,063 |
| Nov. | 66,642 | 39,078 | 27,564 | 5,094 | 4,887 | 4,412 | 4,816 | 4,802 |
| Dec. | 69,509 | 39,929 | 29,580 | 6,845 | 6,655 | 6,344 | 6,761 | 6,651 |
| Mittel | 66,542 | 41,666 | 24,876 | 6,290 | 6,013 | 5,516 | 5,961 | 5,945 |

In der zweiten Tabelle sind die monatlichen Resultate enthalten; man ersieht daraus, dafs der mittlere Barometerstand Ab. 9 Uhr im Januar, Februar, Mai, Juli und August unter, in den übrigen Monaten aber über dem Mittel ist; unter den vier Jahreszeiten steht das Barometer nur im Sommer an dieser Stunde unter dem Mittel. Ferner bemerkt man, dafs der aus den zwölf Monaten berechnete mittlere Barometerstand des Jahrs um 0,004 Millimeter höher ist, als der aus der Summe aller Beobachtungen gefundene, was hauptsächlich von dem hohen Barometerstande in dem nur 28 Tage enthaltenden Februar herrührt. Der Unterschied zwischen dem höchsten und tiefsten Stand ist im Januar am gröfsten, im Juli am kleinsten, und die Regelmäfsigkeit in der Ab- und Zunahme desselben wird nur durch das auffallend kleine Maximum im November etwas gestört. — Den höchsten mittleren Barometerstand hat der Januar, den tiefsten der April; ein zweites Maximum zeigt sich im

Juli, und ein zweites Minimum im November. Aufser den vier Jahreszeiten hat der Winter den höchsten Barometerstand, dann folgt der Sommer, hierauf der Herbst und zuletzt der Frühling.

In der dritten Tabelle sind die jährlichen Resultate der Beobachtungen des Thermometrographs zusammengestellt. Sie enthält in Graden der hunderttheiligen Skale das wirkliche Maximum und Minimum der Temperatur, und die mittleren Thermometerstände eines jeden Jahres; diese nehmen drei Spalten ein, wovon die erste das Mittel aus den täglichen Maximis, die zweite das Mittel aus den täglichen Minimis, und die dritte die mittlere Temperatur des Jahres aus sämmtlichen täglichen Maximis und Minimis berechnet enthält.

3. Jährliche Resultate des Thermometers.

| Jahr. | Höchster Stand. | | Tiefster Stand. | | Mittl. Thermometerst. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Grad. | Tag, Monat. | Grad. | Tag, Monat. | Max. | Min. | Mittel. |
| 1819 | 31,3 | 5. Juli | — 6,3 | 8. Dec. | 14,78 | 7,48 | 11,132 |
| 1820 | 32,2 | 31. - | —14,2 | 11. Jan. | 13,50 | 6,24 | 9,871 |
| 1821 | 31,0 | 24. Aug. | —11,6 | 1. - | 14,56 | 7,43 | 10,992 |
| 1822 | 33,7 | 10. Juni | — 8,7 | 27. Dec. | 16,07 | 8,05 | 12,057 |
| 1823 | 31,3 | 26. Aug. | —14,6 | 14. Jan. | 14,12 | 6,67 | 10,395 |
| 1824 | 35,3 | 14. Juli | — 4,8 | 13. - | 14,70 | 7,66 | 11,181 |
| 1825 | 36,3 | 19. - | — 8,0 | 31. Dec. | 15,57 | 7,73 | 11,651 |
| 1826 | 36,2 | 1. Aug. | —11,8 | 10. Jan. | 15,07 | 7,81 | 11,439 |
| 1827 | 33,0 | 2. - | —12,8 | 18. Febr. | 14,38 | 7,24 | 10,806 |
| 1828 | 32,0 | 29. Juni | — 7,8 | 10. Jan. | 15,17 | 7,74 | 11,458 |
| 1829 | 31,3 | 24. Juli | —17,0 | 21. - | 12,61 | 5,55 | 9,080 |
| 1830 | 31,0 | 29. - | —17,2 | 17. - | 13,86 | 6,33 | 10,093 |
| 1831 | 29,5 | 8. - | —10,3 | 31. - | 15,19 | 8,17 | 11,676 |
| 1832 | 35,0 | 13. Aug. | — 5,9 | 1. - | 14,55 | 7,06 | 10,802 |
| 1833 | 29,8 | 2. Juni | — 8,5 | 10. - | 14,56 | 7,35 | 10,954 |
| 1834 | 32,6 | 18. Juli | — 4,0 | 2. Febr. | 15,54 | 8,24 | 11,891 |
| 1835 | 34,0 | 23. - | — 9,6 | 22. Dec. | 14,47 | 7,06 | 10,766 |
| 1836 | 34,3 | 1. - | —10,0 | 2. Jan. | 14,50 | 7,04 | 10,771 |
| 1837 | 31,1 | 19. Aug. | — 8,9 | 2. - | 13,61 | 6,42 | 10,013 |
| 1838 | 34,3 | 13. Juli | —19,0 | 20. - | 13,27 | 5,81 | 9,542 |
| 1839 | 33,3 | 17. Juni | — 8,1 | 1. Febr. | 14,75 | 7,07 | 10,912 |
| 1840 | 33,0 | 6. Aug. | —13,2 | 17. Dec. | 14,46 | 6,15 | 10,304 |
| Mittel | 32,80 | 20. Juli | —10,56 | 10. Jan. | 14,51 | 7,11 | 10,808 |

Der höchste Thermometerstand in diesem Zeitraum ist 36°,3 (19. Juli 1825), und der tiefste —19°,0 (20. Januar 1838); der Unterschied zwischen beiden also =55°,3, während die mittlere jährliche Differenz 43°,36 beträgt [1]). Das Thermometer stieg in vier Jahren auf oder über 35°, und sank in sieben Jahren unter —12°,5; überhaupt kommen grofse Wärmegrade und noch mehr grofse Kältegrade in Paris viel seltener vor, als im südlichen Deutschland; so stieg z. B. in Karlsruhe, welches nur wenig nördlicher und 134 Fufs höher als Paris liegt, in demselben Zeitraum das Thermometer in sieben Jahren über 35°, und sank in eilf Jahren unter —12°,5; eben so erhält man aus denselben Jahren für Karlsruhe den mittleren höchsten Thermometerstand =33°,56, und den mittleren tiefsten Thermometerstand =—13°,68, wovon der erstere um 0°,77 höher, der letztere aber um 3°,12 tiefer ist als zu Paris; auch beobachtet man zu Karlsruhe im Durchschnitt alle fünf bis sechs Jahre eine Kälte, welche das Maximum der Kälte zu Paris (—19°,0) erreicht oder übersteigt. Die gröfsten Wärmegrade fielen in beiden Städten vier Mal, die gröfsten Kältegrade fünf Mal auf denselben Tag.

Die mittlere Jahrestemperatur beträgt in Paris 10°,808, in Karlsruhe für dieselben Jahre 10°,627, daher ein Unterschied von nur 0°,181 sich ergiebt; in vier Jahren, und zwar besonders 1822 und 1834, war die Jahrestemperatur in Karlsruhe höher als in Paris, das wärmste Jahr war in beiden Städten 1822, das kälteste 1829. — Der Unterschied zwischen dem mittleren täglichen Maximum und Minimum beträgt 7°,048, im Jahr 1840 betrug derselbe 8°,31, im Jahr 1831 nur 7°,02. Bei den mittleren Maximis beträgt der Unterschied zwischen dem höchsten (16,07) und dem niedrigsten (12,61) =3°,46, bei

1) Nach Arago's Mittheilungen in den *Notices scientifiques* sind die beiden gröfsten, seit 1700 beobachteten Extreme der Temperatur zu Paris =+38,4 den 8. Juli 1793, und —23,5 den 25. Jan. 1795.

n Minimis (8,24 und 5,55) aber =2°,69, bei den mitt-
en Jahrestemperaturen (12,06 und 9,08) =2°,98, da-
r sind die Schwankungen im Maximum um 0°,77 be-
utender als im Minimum.

Die vierte Tabelle enthält die monatlichen Resul-
te der Temperatur, welchen ich noch zur Vergleichung
e mittleren Temperaturen für Karlsruhe aus denselben
hren berechnet beigefügt habe.

[4. Monatliche Resultate des Thermometers.

| onat | Höchster Stand. | Tiefster Stand. | Unterschied. | Mittlerer Thermometerstand. Maximum. | Minimum. | Unterschied | Mittel. | Karlsruhe. Mittleres Therm. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| n. | 11,15 | —9,57 | 20,72 | 3,90 | — 0,42 | 4,32 | 1,74 | — 0,13 |
| ebr. | 13,12 | 5,63 | 18,75 | 6,92 | 1,28 | 5,64 | 4,10 | 2,61 |
| ärz | 17,23 | 2,59 | 19,82 | 10,14 | 3,02 | 7,12 | 6,58 | 6,06 |
| pril | 22,02 | 0,11 | 21,91 | 14,43 | 5,71 | 8,72 | 10,07 | 10,77 |
| ai | 25,89 | 3,87 | 22,02 | 18,91 | 9,54 | 9,37 | 14,23 | 15,49 |
| ni | 29,81 | 7,55 | 22,26 | 22,17 | 12,46 | 9,71 | 17,31 | 18,41 |
| li | 31,64 | 9,75 | 21,89 | 23,96 | 14,06 | 9,90 | 19,01 | 20,07 |
| ug. | 30,90 | 9,11 | 21,79 | 23,56 | 14,02 | 9,54 | 18,79 | 19,46 |
| pt. | 26,83 | 5,95 | 20,88 | 19,94 | 11,32 | 8,62 | 15,63 | 15,78 |
| ct. | 21,25 | 1,49 | 19,76 | 15,03 | 7,91 | 7,12 | 11,47 | 10,73 |
| ov. | 15,83 | 2,27 | 18,10 | 9,39 | 4,46 | 4,93 | 6,93 | 5,62 |
| ec. | 12,77 | —5,88 | 18,65 | 5,79 | — 1,90 | 3,89 | 3,84 | — 2,66 |
| itt. | 21,54 | —0,99 | 20,55 | 14,51 | — 7,11 | 7,40 | 10,81 | —10,63 |

Man ersicht daraus, dafs die Differenz zwischen dem
öchsten und tiefsten Thermometerstand im Juni am gröfs-
n, im November am kleinsten ist; die Schwankungen
der Gröfse derselben zeigen aber wenig Regelmäfsig-
eit, und sind nicht sehr bedeutend. Der höchste Ther-
ometerstand ist in den Monaten April bis zum Octo-
r, und zwar besonders im April und Mai niedriger, in
n übrigen Monaten, und zwar besonders im Winter
her als in Karlsruhe; eben dasselbe findet bei den
fsten Thermometerständen statt, wobei jedoch zu be-
cksichtigen ist, dafs in letzterer Stadt der tiefste Ther-

mometerstand auch in den Frühlings- und Sommermonaten wahrscheinlich unter dem von Paris liegen würde, wenn die Beobachtungen mit einem Thermometrographen angestellt worden wären. In den drei Wintermonaten (mit Ausnahme des Decembers 1821) fiel das Thermometer in jedem Jahr unter den Gefrierpunkt; im März geschah dieses in zwanzig, im April in neun, im October in zwei, im November in neunzehn Jahren. Eine Wärme von 25 Graden brachte der April in drei Jahren, der Mai in funfzehn, der Juni in einundzwanzig, der Juli und August in allen, der September in sechszehn Jahren, in den übrigen Monaten stieg das Thermometer nicht so hoch; in Karlsruhe kam dagegen dieser Wärmegrad in demselben Zeitraum im April in acht Jahren, im Mai in zwanzig, im Juni und Juli in allen, im August in einundzwanzig, im September in neunzehn und im October in einem Jahr vor. Bei den mittleren Thermometerständen bemerkt man, dafs die Zunahme der mittleren Maxima vom Januar bis Juli, und eben so die Abnahme in der zweiten Hälfte des Jahrs viel bedeutender ist als die Zu- und Abnahme der mittleren Minima, erstere umfassen 20,06, letztere nur 14,48 Grade des Thermometers; ferner, dafs der Unterschied zwischen beiden, vom Januar an bis zum Mai schnell, von diesem Monat an bis zum Juli, wo er am gröfsten ist, nur wenig zunimmt, im August tritt die Abnahme des Unterschieds ein, welcher anfänglich langsam, vom October an aber schnell sich vermindert, und im December am kleinsten ist.

Die mittleren monatlichen Temperaturen sind von denen, welche Bouvard [1]) aus 21jährigen Beobachtungen (1806 bis 1826) mitgetheilt hat, nur wenig verschieden; die Wintermonate haben, nach Letzterem, eine um 0°,4 höhere, die Sommermonate eine um eben so viel niedrigere Temperatur, die Temperatur des ganzen Jahres ist aber gleich.

1) *Mémoires de l'Académie, T. VII p.* 326.

Vergleicht man die mittleren Thermometerstände von Paris mit denen von Karlsruhe, so ergiebt sich, dafs in den sechs Monaten, vom April bis September, das Thermometer in Karlsruhe höher, in den übrigen sechs Monaten aber tiefer steht als in Paris; im Winter beträgt der Unterschied —1°,51, im Frühling +0°,48, im Sommer +0°,94, im Herbst —0°,63, und im ganzen Jahr —0°,18. Die Temperatur von Karlsruhe ist also nur wenig von der von Paris unterschieden, hat aber viel gröfsere Extreme, was am deutlichsten aus folgender Zusammenstellung sich ersehen läfst, welche die in diesem Zeitraum beobachteten wärmsten und kältesten Monate, und die Differenzen derselben für beide Städte enthält.

5. Extreme der mittleren Temperaturen.

| Monat. | Wärmster. | | Kältester. | | Unterschied. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Paris. | Karlsruhe. | Paris. | Karlsruhe. | Paris. | Karlsr. |
| Jan. | 7,10 | 6,96 | — 4,41 | — 7,50 | 11,51 | 14,46 |
| Febr. | 7,08 | 6,70 | 0,94 | 3,94 | 8,02 | 10,64 |
| März | 9,94 | 10,54 | 2,66 | 1,96 | 7,28 | 8,58 |
| April | 12,70 | 13,15 | 5,69 | 7,44 | 7,01 | 5,71 |
| Mai | 17,67 | 19,17 | 10,98 | 12,94 | 6,69 | 6,23 |
| Juni | 21,19 | 22,75 | 14,42 | 15,34 | 6,77 | 7,41 |
| Juli | 21,10 | 23,20 | 16,93 | 17,21 | 4,17 | 5,99 |
| Aug. | 21,20 | 22,84 | 16,48 | 16,45 | 4,72 | 6,39 |
| Sept. | 17,87 | 18,02 | 13,74 | 13,67 | 4,13 | 4,35 |
| Oct. | 14,73 | 14,45 | 9,46 | 7,82 | 5,27 | 6,63 |
| Nov. | 10,15 | 8,60 | 4,74 | 1,55 | 5,41 | 7,05 |
| Dec. | 7,93 | 7,22 | — 3,53 | — 4,96 | 11,46 | 12,18 |
| Jahr | 12,06 | 12,47 | — 9,08 | — 8,99 | 2,98 | 3,48 |

Weil in Paris der Frühling und der Sommer, besonders wenn derselbe in ganz Mitteleuropa zu den heifsen gehört, bedeutend kühler, aber der Herbst und der Winter, namentlich wenn derselbe zu den kalten gehört, bedeutend wärmer ist als in Karlsruhe, so erkennt man leicht, dafs der Grund davon hauptsächlich in der gröfseren Nähe des Weltmeeres liegt, welches die Luft in

Paris in den wärmeren Monaten abkühlt, in den kälteren aber erwärmt. Jedoch ist dieses nicht die einzige Ursache der zuweilen bedeutend verschiedenen Temperatur beider Städte; in manchen Jahren nämlich wird Paris vor einem in Deutschland kalten Winter beinahe ganz oder gröfstentheils geschützt, indem der nördliche Luftstrom nicht so weit gegen Westen vorrückt, was z. B. in den Jahren 1827 und 1830 eintrat. Eben so wird zuweilen, wenn der Sommer im südlichen Europa sehr heifs, im mittleren aber kühl ist, in Paris noch eine grofse Hitze bemerkt, während sie in Karlsruhe nicht mehr eintritt, was z. B. im Jahr 1824 vorkam. Dieses ist theils eine Folge von der mehr westlichen und südlichen Lage von Paris, theils ist die Ursache davon auch darin zu suchen, dafs in Deutschland die warmen südlichen Luftströmungen oft von den Alpen abgehalten werden, während sie in dem gegen Süden offenen Frankreich ihren ganzen Einflufs äufsern können.

Die Beobachtungen über die Regenmenge zu Paris sind besonders interessant, weil sie an zwei hinsichtlich ihrer Höhe verschiedenen Punkten angestellt werden, nämlich im Hofe der Sternwarte und auf der Strafse derselben, welche um 28 Meter höher liegt. Die folgende Tabelle enthält für beide Beobachtungspunkte die Höhe des gefallenen meteorischen Wassers in Millimetern, von einundzwanzig Jahren; die Differenz zwischen der im Hof und auf der Terrasse beobachteten Regenmenge ist auf zweierlei Weise angegeben, in der einen Spalte in wirklicher Zahl, in der andern aber auf gleiche Regenmengen reducirt, nämlich in Procenten der im Hofe gefallenen Regenmenge.

6. Jährliche Resultate der Regenmenge.

| Jahr. | Regenmenge | | Differenz | |
|---|---|---|---|---|
| | im Hof. | auf d. Terrasse. | wirkliche. | in Procenten. |
| 1819 | 697,55 | 627,24 | 70,31 | 10,08 |
| 1820 | 428,99 | 379,61 | 49,38 | 11,51 |
| 1821 | 650,67 | 588,74 | 61,93 | 9,52 |
| 1822 | 467,50 | 416,45 | 51,05 | 10,92 |
| 1823 | 519,22 | 453,74 | 65,48 | 12,61 |
| 1824 | 651,81 | 567,52 | 84,29 | 12,93 |
| 1825 | 519,33 | 468,82 | 50,51 | 9,73 |
| 1826 | 472,09 | 409,55 | 62,54 | 13,25 |
| 1827 | 575,85 | 500,98 | 74,87 | 13,00 |
| 1828 | 627,65 | 585,35 | 42,30 | 6,90 |
| 1829 | 588,85 | 559,75 | 29,10 | 4,94 |
| 1830 | 644,35 | 573,00 | 71,35 | 11,07 |
| 1831 | 610,65 | 529,95 | 80,70 | 13,21 |
| 1832 | 526,98 | 451,85 | 75,13 | 14,26 |
| 1833 | 593,60 | 502,74 | 90,86 | 15,31 |
| 1834 | 462,27 | 420,70 | 41,57 | 8,99 |
| 1835 | 489,38 | 437,51 | 51,87 | 10,60 |
| 1836 | 711,25 | 610,47 | 100,78 | 14,17 |
| 1837 | 624,13 | 547,36 | 76,77 | 12,30 |
| 1838 | 597,22 | 522,70 | 74,52 | 12,48 |
| 1839 | 660,17 | 579,56 | 80,61 | 12,21 |
| Mittel | 577,12 | 511,12 | 66,00 | 11,44 |

Hieraus ergiebt sich, dafs die mittlere jährliche Regenmenge im Hof 577,12, auf der Terrasse aber nur 511,12 Millimeter beträgt; der Unterschied zwischen beiden ist also 66,00 Millim., oder in Procenten = 11,44 Millim. Die Gröfse dieser Differenz ist in den einzelnen Jahren sehr verschieden, in manchen drei Mal so grofs als in anderen. Man sollte erwarten, dafs die Differenz in nassen Jahren mehr betragen würde als in trocknen, aber selbst bei der wirklichen Differenz trifft dieses nicht immer zu, und bei der Vergleichung der in Procenten ausgedrückten Differenzen ergiebt sich ein ganz anderes Resultat. Es haben nämlich von neun nassen Jahren nur fünf grofse, und von sieben trocknen Jahren nur

vier kleine Differenzen, und das Maximum wie das Minimum fallen auf solche Jahre, in welchen die Regenmenge die mittlere nur um weniges übersteigt. Bevor jedoch der Grund hievon sich einsehen läfst, müssen die monatlichen Regenmengen betrachtet werden; diese sind in der folgenden Tabelle mitgetheilt, welche die mittleren Regenmengen, und ihre Differenzen für jeden Monat in den vier Jahreszeiten, so wie die mittleren Feuchtigkeitsgrade nach dem Haarhygrometer [1]) enthält.

7. Monatliche Resultate der Regenmenge.

| Monat. | Regenmenge | | Differenz | | Hygrometer. |
|---|---|---|---|---|---|
| | im Hof. | auf d. Terr. | wirkliche. | in Proc. | |
| Januar | 36,27 | 29,96 | 6,31 | 17,39 | 86,5 |
| Februar | 40,50 | 33,92 | 6,58 | 16,25 | 83,2 |
| März | 39,89 | 33,60 | 6,29 | 15,78 | 75,0 |
| April | 45,53 | 39,83 | 5,70 | 12,53 | 65,8 |
| Mai | 59,86 | 54,82 | 5,04 | 8,41 | 70,0 |
| Juni | 54,44 | 50,70 | 3,74 | 6,88 | 67,5 |
| Juli | 47,21 | 44,88 | 2,33 | 4,92 | 68,2 |
| August | 48,59 | 45,35 | 3,24 | 6,67 | 70,5 |
| Septemb. | 57,26 | 53,04 | 4,22 | 7,37 | 75,2 |
| October | 48,10 | 41,10 | 7,00 | 14,54 | 82,5 |
| Novemb. | 55,87 | 47,16 | 8,71 | 15,59 | 83,2 |
| Decemb. | 43,60 | 36,76 | 6,84 | 15,68 | 87,5 |
| Winter | 120,37 | 100,64 | 19,73 | 16,39 | 85,7 |
| Frühling | 145,28 | 128,25 | 17,03 | 11,73 | 70,3 |
| Sommer | 150,24 | 140,93 | 9,31 | 6,19 | 68,7 |
| Herbst | 161,23 | 141,30 | 19,93 | 12,36 | 80,3 |
| Jahr | 577,12 | 511,12 | 66,00 | 11,44 | 76,2 |

Die Regenmenge ist in den einzelnen Monaten und Jahreszeiten zwar nicht sehr verschieden, jedoch sind Herbst- und Sommerregen etwas vorherrschend [2]). Die

1) Aus Kämtz Meteorologie, Bd. I S. 333, von Bouvard aus 11jährigen Beobachtungen.

2) Die von Gasparin in *Biblioth. univ. T. XXXVIII p.* 80 mitgetheilten mittleren Regenmengen aus 63 Jahren sind von den obi-

Regenmenge ist im Hof immer gröfser als auf der Terrasse, aber der Unterschied zwischen denselben ist in den fünf wärmeren Monaten viel geringer als in den übrigen; eine regelmäfsige Abnahme der Differenzen vom Januar bis Juli ist deutlich zu erkennen, aber die Regelmäfsigkeit der Zunahmsperiode in der zweiten Hälfte des Jahres wird durch die grofsen Differenzen im October und November gestört. Betrachtet man aber die Differenzen, welche in Procenten der Regenmenge ausgedrückt sind, so bemerkt man eine ganz regelmäfsige Ab- und Zunahme der Zahlen, welche nicht von der Regenmenge der einzelnen Monate und Jahreszeiten abhängt, sondern mehr dem Gange der Luftfeuchtigkeit, hauptsächlich aber dem Gange der Temperatur entspricht. Im Januar ist die Differenz am gröfsten, im Juli am kleinsten; sie nimmt vom Januar bis zum März langsam, dann aber bis zum Juli schnell ab, und im August und September wieder langsam zu, im October erreicht sie aber schnell eine bedeutende Gröfse, worauf sie bis zum Januar nur langsam zunimmt. Unter den vier Jahreszeiten hat der Winter die gröfste Differenz, dann folgt der Herbst, hierauf der Frühling und zuletzt der Sommer. In diesem Umstand liegt auch der Grund, warum in den einzelnen Jahren die Gröfse der Differenz mit der Gröfse der Regenmenge keineswegs im Zusammenhang steht. Es zeigt sich nämlich bei genauerer Betrachtung der in den einzelnen Monaten der verschiedenen Jahre gefallenen Regenmengen, dafs die gröfste Regenmenge in denjenigen Jahren, welche sehr grofse Differenzen haben, gewöhnlich in die Monate vom October bis März, und umgekehrt in solchen Jahren, wo die Differenz sehr klein ist, in die fünf Sommermonate fällt, was in den Jahren 1821, 1824, 1828, 1829, 1834, 1836

gen oft sehr verschieden, und geben ein entschiedenes Vorherrschen der Sommerregen. — Auch die in Kämtz Meteorologie, Bd. I S. 418, aus 9jährigen Beobachtungen angegebenen Regenmengen weichen von den obigen oft bedeutend ab.

und 1839 besonders deutlich zu bemerken ist. Daher haben nasse Jahre mit vorherrschenden Sommerregen, wie z. B. 1819, 1821 und 1828, kleine, dagegen trockne Jahre mit vorherrschenden Winterregen, wie z. B. 1826 und 1832, grofse, und mittlere Jahre mit starken Sommerregen, wie 1829, sehr kleine, und eben solche Jahre mit starken Winterregen, wie 1833, sehr grofse Differenzen.

Der Grund dieser merkwürdigen Erscheinung ist, nach mehreren Physikern [1]), im hygrometrischen Zustand der Atmosphäre zu suchen. Da nämlich die Regentropfen aus höheren und kälteren Schichten der Atmosphäre herabfallen, so wird der in den unteren Schichten vorhandene Wasserdampf von ihnen gröfstentheils niedergeschlagen, wodurch sie sich bei ihrem Herabfallen fortwährend vergröfsern; je näher also die unteren Schichten dem Punkte der Sättigung sind, desto bedeutender mufs dieser Unterschied seyn, daher ist er im Sommer kleiner als im Winter, weil in dieser Jahreszeit die Luft feuchter ist als in jener. Vergleicht man aber die Differenzen mit den in der letzten Spalte angegebenen mittleren Hygrometerständen, so wird diese Ansicht hierdurch nicht ganz bestätigt. Es zeigt sich zwar, dafs in den vier Jahreszeiten die gröfseren Differenzen den gröfseren Feuchtigkeitsgraden entsprechen, in den einzelnen Monaten ist dieses aber nicht immer der Fall; so hat namentlich der April, welcher nach dem Hygrometerstand der trockenste Monat ist, keineswegs die geringste, sondern eine das Mittel übersteigende, dagegen der September, wo die Luftfeuchtigkeit der mittleren nahe kommt, eine sehr kleine Differenz, und die Ab- und Zunahme der Luftfeuchtigkeit stimmt mit der Ab- und Zunahme der Differenz nur sehr wenig überein, vielmehr entspricht letztere der Zu- und Abnahme der Temperatur, indem der kälteste Monat

1) Hamilton, *Philos. transact.* 1765, *p.* 163; Kämtz, Meteorolog. I. S. 418; Arago, *Annales de chimie, XXVII p.* 399 u. s. w.

nat des Jahres, der Januar, die größte, und der wärmste Monat, der Juli, die kleinste Differenz hat, und selbst einer jeden langsameren oder schnelleren Zu- und Abnahme der Temperatur eine gleichmäßige Ab- oder Zunahme der Differenz entspricht. Ueberhaupt steht die Differenz eines Monats immer im umgekehrten Verhältniß zu seiner Temperatur, nur der October, welcher eine sehr große Differenz hat, aber bei seiner, das Mittel übersteigenden Temperatur eine unter der mittleren bleibende haben sollte, macht eine Ausnahme, welche jedoch durch die in jenem Monat gewöhnlich herrschende neblige Witterung sich erklären läßt. Ferner wäre es, nach obiger Annahme, nicht wohl möglich, daß die Regenmenge in beiden Höhen gleich groß oder sogar im unteren Gefäße kleiner als im oberen werden könnte, was dennoch mehrmals beobachtet wurde; so war z. B. im Februar 1830 und im September 1834 die Regenmenge vom ganzen Monat in beiden Höhen gleich groß, und in seltenen Fällen, namentlich bei schwachen Regen an warmen Sommertagen, gab das untere Gefäß eine geringere Regenmenge als das obere, was nur durch theilweise Verdunstung der durch die trockne und warme Luft herabfallenden Regentropfen erklärt werden kann. Hieraus ergiebt sich, daß die Größe der Differenz der Regenmengen in verschiedenen Höhen nicht allein von der Feuchtigkeit der Luft, sondern auch von der Verdunstung abhängig ist; weil aber diese beiden Einflüsse hauptsächlich von der Temperatur der Luft abhängig sind, so ist es am zweckmäßigsten, die Regendifferenz ebenfalls als von der Temperatur abhängig zu betrachten. Zur Bestimmung dieser Abhängigkeit der Differenz der Regenmenge in verschiedenen Höhen von der mittleren Temperatur sind aber die wirklichen Differenzen unbrauchbar, weil dieselben, wegen der in den verschiedenen Monaten und Jahreszeiten ungleichen Regenmengen, nicht gleichmäßig zu- und abnehmen, sondern wegen des häu-

figeren Vorkommens kleiner Differenzen in nässeren Monaten oft gröfser sind als in trockneren; daher müssen zu diesem Zweck die Differenzen auf gleiche Regenmengen reducirt werden, wie dieses in den obigen Tabellen geschehen ist. Ich habe nun auf verschiedenen Wegen versucht eine Formel aufzufinden, nach welcher die Differenzen aus den mittleren Temperaturen berechnet werden können; und nach vielen Bemühungen ist es mir gelungen, diese schwierige Aufgabe vollständig zu lösen. Setzt man nämlich:

$$p = P + a.(t - T) + b.(t - T)^2 + c(t - T)^3.$$

Wo $p$ die monatliche, $P$ die jährliche Regendifferenz in Procenten, $t$ die monatliche und $T$ die jährliche mittlere Temperatur bedeutet, und bestimmt nach der Methode der kleinsten Quadrate die Werthe der unbestimmten Coëfficienten $a$, $b$ und $c$, so erhält man:

$$\begin{aligned} p = 11{,}44 &- 0{,}88854076 \times (t - 10{,}81) \\ &- 0{,}0005211552 \times (t - 10{,}81)^2 \\ &+ 0{,}00312835059 \times (t - 10{,}81)^3. \end{aligned}$$

Die beobachteten Werthe von $p$ sind mit den nach dieser Formel berechneten Werthen $p'$ und ihren Unterschieden in der folgenden Tabelle zusammengestellt; denselben habe ich noch zur Vergleichung die mittleren Temperaturen $t$, und die Temperaturdifferenzen $(t - T)$ beigefügt.

8. Beobachtete und berechnete Regendifferenzen.

| Monat. | $t$. | $t-T$. | $p$. | $p'$. | Unterschied. |
|---|---|---|---|---|---|
| Januar | 1,74 | —9,07 | 17,39 | 17,12 | —0,27 |
| Februar | 4,10 | —6,71 | 16,25 | 16,43 | +0,18 |
| März | 6,58 | —4,23 | 15,78 | 14,95 | —0,83 |
| April | 10,07 | —0,74 | 12,53 | 12,10 | —0,43 |
| Mai | 14,23 | +3,42 | 8,41 | 8,52 | +0,11 |
| Juni | 17,31 | +6,50 | 6,88 | 6,50 | —0,38 |
| Juli | 19,01 | +8,20 | 4,92 | 5,84 | +0,92 |
| August | 18,79 | +7,98 | 6,67 | 5,91 | —0,76 |
| September | 15,63 | +4,82 | 7,37 | 7,50 | +0,13 |
| October | 11,47 | +0,66 | 14,54 | 10,85 | —3,69 |
| November | 6,93 | —3,88 | 15,59 | 14,70 | —0,89 |
| December | 3,84 | —6,97 | 15,68 | 16,55 | +0,87 |
| Winter | 3,23 | —7,58 | 16,39 | 16,78 | +0,39 |
| Frühling | 10,29 | —0,52 | 11,73 | 11,90 | +0,17 |
| Sommer | 18,37 | +7,56 | 6,19 | 6,04 | —0,15 |
| Herbst | 11,34 | +0,53 | 12,36 | 10,97 | —1,39 |
| Jahr | 10,81 | 0,00 | 11,44 | 11,44 | 0,00 |

Man bemerkt, dafs der Unterschied zwischen der beobachteten und der berechneten Regendifferenz in allen Monaten, mit Ausnahme des Octobers, kleiner ist als 1 Procent; aber in diesem Monat ist er mehr als drei Mal gröfser, als in jedem andern, sonst ist die Uebereinstimmung der beobachteten und der berechneten Differenzen in der That auffallend, zumal wenn man bedenkt, wie leicht beim Messen einer Regenmenge von 100 Millimetern ein Fehler von 1 Millimeter sich einschleichen kann. — Die obige Formel kann auch dazu benutzt werden, das Maximum und Minimum der mittleren Temperatur, und das dazu gehörende Minimum und Maximum der Regendifferenz im Jahre aufzusuchen; man erhält nämlich durch Differentiirung derselben die Gleichung:

$$0 = -0{,}88854076 - 0{,}0010423104(t-10{,}81) + 0{,}0093850518(t-10{,}81)^2;$$

hieraus findet man:

$$t - 10{,}81 = 0{,}0595 \pm 9{,}7303,$$

folglich wird das Maximum der Temperatur:

$$t = 10{,}81 + 9{,}79 = 20{,}60,$$

und das Minimum derselben:

$$t = 10{,}81 - 9{,}67 = 1{,}14;$$

hierzu gehören die Regendifferenzen:

$$p = 5{,}63 \; ; \; p = 17{,}15.$$

Diese berechneten Extreme der Temperatur stimmen mit denen, welche Bouvard [1]) aus 21jährigen Beobachtungen gefunden hat, bis auf 1 Grad überein; sie fallen auf den 1. August und den 13. Januar, die Extreme der Regendifferenzen erreichen aber nicht ganz die wirklichen.

Nach dieser Entwicklung glaube ich annehmen zu dürfen, dafs ich durch die Auffindung der obigen Formel das Gesetz deutlich bewiesen habe, nach welchen die Differenz der Regenmenge in verschiedenen Höhen von der mittleren Temperatur der Luft abhängig ist; nur mufs man nicht erwarten, dasselbe auf einzelne Fälle anwenden zu können, indem alsdann andere Umstände von gröfserem Einflufs sind als die Temperatur. — Die Erklärung dieses Gesetzes hat, nach meiner Ansicht, ebenfalls keine Schwierigkeit, wenn man berücksichtigt, dafs nicht allein der hygrometrische Zustand der Luft, sondern auch die Quantität der Verdunstung in einer gewissen Jahreszeit von der mittleren Temperatur derselben abhängig ist. Die herabfallenden Regentropfen kommen aus höheren, also kälteren Schichten der Atmosphäre, und werden daher einen Theil des in der Luft enthaltenen Wasserdampfs niederschlagen, welcher desto gröfser seyn mufs, je näher die unteren Schichten der Atmosphäre dem Punkte der Sättigung sind, zugleich wird aber jedem Regentropfen ein gewisser Theil durch die Verdunstung entzogen, welcher desto gröfser seyn mufs, je höher die Temperatur der Luft, und je weiter sie von

1) *Mémoires de l'académie des Sciences*, T. *VII* p. 326.

dem Punkte der Sättigung entfernt ist. Folglich wird in der Luftschicht, welche sich zwischen zwei, in verschiedenen Höhen aufgestellten Regenmaafsen befindet, die Regenmenge theilweise durch weiteren Niederschlag vermehrt, und theilweise durch die Verdunstung vermindert. Letzteres findet hauptsächlich nur im Anfang des Regens statt, weil bald nach dem Anfang desselben die Luft mit Wasserdampf beinahe gesättigt wird; dadurch wird der hygrometrische Zustand der Luft während des Regens in allen Jahreszeiten sich ziemlich gleich, und es kommt nur darauf an, wie grofs die anfängliche Verdunstung der Regentropfen ist, und wie lange dieselbe durch die Temperatur der Luft unterhalten wird. In den meisten Fällen ist die Menge des von den Regentropfen niedergeschlagenen Wasserdampfs überwiegend über die Verdunstung, daher auch das untere Gefäfs gewöhnlich eine gröfsere Regenmenge enthält, als das obere; zuweilen jedoch, besonders bei kurz dauernden Regen und warmer Luft tritt auch das umgekehrte Verhältnifs ein, es wird den Regentropfen durch die Verdunstung mehr Wasser entzogen, als sie durch weiteren Niederschlag erhalten, und alsdann ist die Regenmenge im unteren Gefäfs kleiner als im oberen.

Im Winter ist bei der niedrigen Temperatur die Verdunstung ganz unbedeutend, und die Luft der Sättigung am nächsten, daher sind die Differenzen der Regenmenge in dieser Jahreszeit am gröfsten. Mit zunehmender Wärme in den ersten Monaten des Jahres wird die Verdunstung nur wenig gröfser und die Feuchtigkeit der Luft etwas geringer, daher nimmt die Regendifferenz nur wenig ab; aber mit der schnell steigenden Wärme im April und Mai wird die Luft viel trockner und die Verdunstung gröfser, daher nimmt die Differenz in diesen Monaten schnell ab. Vom Mai bis zum Juli wächst die Wärme langsamer, die Luft ist zwar etwas feuchter als im April, aber die Verdunstung, wegen gröfserer Wärme, viel be-

deutender, daher nimmt die Differenz bis zum Juli ab, wo sie ihr Minimum erreicht. Im August und September wird die Luft wieder etwas kühler und feuchter, und somit die Verdunstung geringer, deswegen nimmt die Differenz wieder allmälig zu. Im October tritt die schnelle Abnahme der Temperatur ein, die Luft wird feuchter und die Verdunstung geringer, die Differenz mufs daher schnell zunehmen; weil aber wegen der gröfseren Wärme des Bodens nur wenig Wasserdampf der Luft von demselben entzogen werden kann, so wird in der Nähe der Erdoberfläche ein Theil des Wasserdampfs in der Luft selbst niedergeschlagen, wodurch sich Nebel bilden, die Luft dem Punkte der Sättigung sehr nahe kommt, und das Verdunsten der Regentropfen gröfstentheils verhindert wird, daher ist die Differenz in diesem Monat viel gröfser, als sie nach seiner mittleren Temperatur seyn sollte. Vom November bis zum Januar nimmt die Wärme langsam ab, die Verdunstung wird unbedeutend und die Luft fortwährend feuchter, daher nimmt die Differenz langsam zu, bis sie im Januar ihr Maximum erreicht.

Ein anderer interessanter Gegenstand ergiebt sich ebenfalls noch aus den Regendifferenzen. Bemerkt man nämlich, dafs wenn im Jahre die Regenmenge in einer Höhe von 28 Meter um 11,44 Proc. sich vermindert, so mufs in derjenigen Höhe, wo die Regenmenge um 100 Procente sich vermindert hat, die Regenwolke selbst sich befinden. Man findet nun durch einfache Berechnung die mittlere Höhe der Regenwolken im ganzen Jahr =244,8 Meter, im Januar aber, wo sie am kleinsten ist, =161,0, und im Juli, wo sie am gröfsten ist, =569,4 Meter.

Obgleich die Abhängigkeit der Differenz der Regenmenge in verschiedenen Höhen von der mittleren Lufttemperatur aus den Pariser Beobachtungen sich deutlich ergiebt, so kann hieraus doch nicht auf allgemeine Gültigkeit dieses Gesetzes geschlossen werden, indem das-

selbe in anderen Gegenden durch die verschiedene Temperatur und Feuchtigkeit der Luft, so wie durch das Vorherrschen der Sommer- oder Winterregen bedeutend modificirt werden könnte. Es scheint mir z. B. wahrscheinlich, dafs in sehr feuchten Gegenden, wie in England und Norwegen, der hygrometrische Zustand der Luft einen gröfseren Einflufs haben, und daher die Differenz in allen Jahreszeiten gröfser seyn wird als in Paris; während im Innern des Continents die Verdunstung von gröfserem Einflufs seyn, und somit jenes Gesetz sich noch deutlicher zeigen wird. Aus diesem Grund ist es sehr zu wünschen, dafs auch in anderen Städten genaue Beobachtungen der Regenmenge in verschiedenen, wo möglich mehreren Höhen über der Erdoberfläche angestellt würden, damit dieser für die Meteorologie so wichtige Gegenstand einer ausgedehnteren Untersuchung unterworfen werden kann.

## Zweiter Abschnitt.

### Ueber den Einflufs des synodischen Umlaufs des Monds auf den Barometerstand, nach 22jährigen Beobachtungen auf der Sternwarte zu Paris.

Der Einflufs des synodischen Umlaufs des Mondes auf den Barometerstand wurde von mehreren Gelehrten und von mir selbst aus Beobachtungen, welche in verschiedenen Städten angestellt sind, untersucht; aber die erhaltenen Resultate sind noch keineswegs hinreichend, um die Gröfse dieses Einflusses vollständig zu bestimmen, daher jeder neue Beitrag für die Wissenschaft von Wichtigkeit seyn mufs.

Die folgende Untersuchung habe ich hauptsächlich in der Absicht vorgenommen, um den mittleren Barometerstand für jede Mondsphase aufzufinden, und dadurch bei der Bestimmung der vom Monde bewirkten atmosphärischen Ebbe und Fluth eine nöthige Correction

ausführen zu können. Zu diesem Zweck habe ich den Zeitraum, welcher einen synodischen Umlauf begreift, wie früher in acht Phasen eingetheilt, so dafs jede derselben nach der schnelleren oder langsameren Bewegung des Mondes entweder drei oder vier Tage umfafst; weil aber nach dieser Eintheilungsweise die oben bemerkte Correction nicht gehörig ausgeführt werden konnte, so habe ich noch eine weitere Eintheilung vorgenommen, nämlich jeder Phase nicht sowohl 3 oder vier ganze Tage, sondern genau so viele Beobachtungen zugetheilt, als ihr nach der jedesmaligen Geschwindigkeit der Bewegung des Mondes wirklich zukommen. Hierdurch erhält in einem Monat, weil täglich vier Beobachtungen angestellt sind, jede Phase im Durchschnitt funfzehn, bei der Erdnähe des Monds nur vierzehn, bei der Erdferne aber sechszehn Beobachtungen. Die letztere Methode ist zweckmäfsiger, weil dabei in einem längeren Zeitraum einer jeden Phase gleich viele Beobachtungen zugetheilt werden; sie hat aber den Uebelstand, dafs gewöhnlich die Beobachtungen eines Tages zwei verschiedenen Phasen zugetheilt werden müssen. Die Anzahl der jeder Phase zukommenden Beobachtungen ist, wenn die Eintheilung nach der ersten Methode ausgeführt wird, etwas verschieden, und ich habe deswegen dieselben in folgender Tabelle zusammengestellt.

1. Anzahl der Beobachtungen.

| Phase. | Winter. | Frühling. | Sommer. | Herbst. | Jahr. |
|---|---|---|---|---|---|
| N. M. | 1008 | 1048 | 1032 | 1016 | 4104 |
| 1. Oct. | 964 | 968 | 1020 | 1004 | 3956 |
| E. V. | 988 | 1028 | 1032 | 1024 | 4072 |
| 2. Oct. | 968 | 992 | 992 | 972 | 3924 |
| V. M. | 1032 | 1044 | 1020 | 1028 | 4124 |
| 3. Oct. | 964 | 1020 | 972 | 948 | 3904 |
| L. V. | 1044 | 1032 | 1060 | 1020 | 4156 |
| 4. Oct. | 976 | 964 | 968 | 996 | 3904 |
| Summe | 7944 | 8096 | 8096 | 8008 | 32144 |

Wird die Eintheilung nach der zweiten Methode ausgeführt, so erhalten alle Phasen gleich viele Beobachtungen, nämlich im Winter 993, im Frühling und Sommer 1012, im Herbst 1001 und im ganzen Jahr 4018.

Die folgende Tabelle enthält die mittleren Barometerstände einer jeden der acht Mondsphasen in Millimetern über 750 für die vier Jahreszeiten und das ganze Jahr, und dabei noch in der letzten Spalte dieselben für das ganze Jahr, wenn nach der zweiten Eintheilungsweise jeder Phase gleich viele Beobachtungen zugetheilt werden.

2. Barometerstände bei den acht Mondsphasen.

| Phase. | Winter. | Frühling. | Sommer. | Herbst. | Jahr I. | Jahr II. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| N. M. | 6,392 | 6,290 | 6,174 | 5,462 | 6,081 | 6,123 |
| 1. Oct. | 6,813 | 5,657 | 5,884 | 4,471 | 5,696 | 5,603 |
| E. V. | 7,482 | 5,283 | 5,704 | 4,924 | 5,833 | 6,005 |
| 2. Oct. | 7,341 | 4,408 | 6,313 | 5,298 | 5,833 | 5,836 |
| V. M. | 6,770 | 4,314 | 6,717 | 6,209 | 5,995 | 5,968 |
| 3. Oct. | 6,823 | 4,896 | 6,408 | 5,363 | 5,862 | 5,945 |
| L. V. | 7,064 | 5,057 | 6,205 | 6,628 | 6,239 | 6,122 |
| 4. Oct. | 7,442 | 5,289 | 5,815 | 5,336 | 5,969 | 5,933 |
| Mittel | 7,013 | 5,149 | 6,152 | 5,466 | 5,941 | 5,941 |

Zuerst ergiebt sich, dafs die Schwankungen des Barometers während des synodischen Umlaufs des Monds im Ganzen wenig bedeutend sind, indem die Differenz zwischen dem Maximum und dem Minimum im Herbst, wo sie am gröfsten ist, nicht mehr als 2,157 Millim. oder 0,96 Lin., im ganzen Jahre aber nur 0,543 Millim. oder 0,240 Lin. beträgt. Ferner zeigt sich, dafs die Maxima und Minima des Barometerstands in den vier Jahreszeiten und dem ganzen Jahr auf sehr verschiedene Phasen fallen; noch auffallender ist dieses in den einzelnen Monaten. Zur Vergleichung stelle ich dieselben mit den Differenzen zwischen dem Maximum und Minimum hier zusammen.

### 3. Maxima und Minima des Barometerstands.

| Monat. | Maximum. | Minimum. | Differ. in Millim. |
|---|---|---|---|
| Januar | 2. Oct. | N. M. | 4,245 |
| Februar | 1. Oct. | V. M. | 3,619 |
| März | N. M. | 2. Oct. | 5,521 |
| April | E. V. | L. V. | 3,211 |
| Mai | 4. Oct. | V. M. | 3,113 |
| Juni | N. M. | 1. Oct. | 2,064 |
| Juli | 3. Oct. | E. V. | 2,864 |
| August | V. M. | N. M. | 1,630 |
| September | N. M. | E. V. | 2,165 |
| October | L. V. | E. V. | 3,072 |
| November | L. V. | 1. Oct. | 3,665 |
| December | L. V. | 3. Oct. | 1,636 |
| Winter | E. V. | N. M. | 1,090 |
| Frühling | N. M. | V. M. | 1,976 |
| Sommer | V. M. | E. V. | 1,013 |
| Herbst | L. V. | 1. Oct. | 2,157 |
| Jahr I | L. V. | 1. Oct. | 0,543 |
| Jahr II | N. M. | 1. Oct. | 0,520 |

Das Maximum fällt also in den zwölf Monaten drei Mal auf den Neumond und das letzte Viertel, und ein Mal auf jede der übrigen sechs Phasen; das Minimum fällt aber drei Mal auf das erste Viertel, zwei Mal auf den Neumond, den ersten Octant und den Vollmond, und ein Mal auf den zweiten und dritten Octant und auf das letzte Viertel. Dabei ist keine nach den Jahreszeiten wechselnde Ordnung zu erkennen, was der Behauptung von Flaugergues widerspricht, welcher annimmt, dafs der Einflufs der Lunistitien bedeutend sey, und beim nördlichen Lunistitium das Barometer höher stehe als beim südlichen. Hiernach müfste nämlich im Winter das Maximum auf den Vollmond, das Minimum auf den Neumond, im Frühling jenes auf das erste, dieses auf das letzte Viertel, im Sommer auf den Neumond und den Vollmond, und im Herbst auf das letzte und das erste Viertel fallen. Diese Annahme wird aber nur

im Herbst einigermaſsen bestätigt, wo das Maximum auf das letzte Viertel und das Minimum auf den ersten Octanten, also nahe an das erste Viertel fällt; in den übrigen Jahreszeiten zeigt sich aber keine Bestätigung, und im Sommer trifft beinahe das Entgegengesetzte ein. — Im ganzen Jahr fällt das Maximum auf das letzte Viertel, und das Minimum auf den ersten Octanten; aber der Unterschied ist so gering, daſs durch gleiche Vertheilung der Beobachtungen auf die acht Phasen, wodurch der Neumond 86 und das letzte Viertel 138 Beobachtungen verlieren, das Maximum nicht mehr auf letztere Phase, sondern auf den Neumond fällt. Wenn man nun bedenkt, daſs unter 4104 Beobachtungen 86, also unter 100 Beobachtungen 2 noch einen merklichen Einfluſs ausüben, so läſst sich nicht erwarten, daſs Resultate, welche einer Beobachtungsreihe von weniger als dreiſsig bis vierzig Jahren entnommen sind, ein bestimmtes Gesetz schon deutlich zeigen können.

Ferner bemerkt man in den wenigsten Jahreszeiten eine regelmäſsige Zu- und Abnahme des Barometerstandes. Im Winter zeigt sich eine zweifache Periode; das Minimum fällt auf den Neumond, hierauf steigt das Barometer bis zum ersten Viertel, wo das Maximum eintritt, worauf es wieder fällt, und im Vollmond ein zweites kleineres Minimum erreicht; alsdann steigt es bis zum vierten Octanten, wo ein zweites kleineres Maximum eintritt. Im Frühling zeigt sich eine regelmäſsige Zu- und Abnahme; von dem im Vollmond eintretenden Minimum steigt das Barometer allmälig, erreicht im vierten Octanten die mittlere Höhe, und im Neumond das Maximum, und fällt hierauf fortwährend bis zum Vollmond. Im Sommer ist die Zunahmsperiode vom ersten Viertel bis zum Vollmond, wo das Maximum eintritt, und die Abnahmsperiode bis zum vierten Octanten ziemlich regelmäſsig, aber letztere wird im Neumond durch ein Steigen des Barometers unterbrochen. Im Herbst findet nur

vom ersten Octanten bis zum Vollmond ein regelmäfsiges Steigen statt, in der Zeit vom dritten Octanten bis zum Neumond zeigen sich aber unregelmäfsige Schwankungen im Barometerstand. Im ganzen Jahr ist sowohl die Zunahmsperiode vom ersten Octanten bis zum letzten Viertel durch ein Fallen des Barometers im dritten Octanten, als auch die Abnahmsperiode vom letzten Viertel bis zum ersten Octanten durch ein Steigen des Barometers im Neumond unterbrochen.

Vergleicht man die hier gefundenen Resultate mit denen, welche ich schon früher aus den Karlsruher und Strafsburger Beobachtungen erhalten habe, so ergiebt sich wohl einige Uebereinstimmung, was am deutlichsten aus der folgenden Tabelle sich ersehen läfst, worin die mittleren Barometerstände der acht Mondsphasen vom ganzen Jahre in Millimetern über 750 für Paris, Strafsburg und Karlsruhe zusammengestellt sind.

4. Vergleichung der Barometerstände der acht Mondsphasen.

| Phase. | Paris. | Strafsburg. | Karlsruhe. |
|---|---|---|---|
| N. M. | 6,081 | 1,521 | 4,212 |
| 1. Oct. | 5,696 | 1,231 | 4,369 |
| E. V. | 5,833 | 1,201 | 3,282 |
| 2. Oct. | 5,833 | 0,634 | 2,590 |
| V. M. | 5,995 | 1,642 | 3,363 |
| 3. Oct. | 5,862 | 1,468 | 3,882 |
| L. V. | 6,239 | 1,694 | 4,717 |
| 4. Oct. | 5,969 | 1,226 | 4,410 |
| Mittel | 5,941 | 1,249 | 3,855 |

Der höchste Barometerstand fällt in allen drei Städten auf das letzte Viertel, der tiefste aber in Paris schon auf den ersten, in Strafsburg und Karlsruhe erst auf den zweiten Octanten, auch tritt überall im vierten Octanten ein Fallen des Barometers ein, welchem im Neumond oder ersten Octanten ein zweites kleineres Maximum folgt;

eben so wird das Steigen des Barometers in Paris und Strafsburg im dritten Octanten durch ein zweites kleineres Minimum unterbrochen.

Im Allgemeinen läfst sich hieraus Folgendes entnehmen: 1) Die Schwankungen des Barometers während des synodischen Umlaufs des Mondes sind zwar gering, aber immer merklich, und unter den vier Jahreszeiten hat der Sommer die geringsten Schwankungen. 2) Während der Zeit des abnehmenden Mondes steht das Barometer meistens über, und während des zunehmenden Mondes meistens unter dem Mittel; das Maximum des Barometerstandes fällt in das letzte Viertel, das Minimum aber tritt etwas vor oder nach dem ersten Viertel ein, und die Regelmäfsigkeit der Ab- und Zunahme wird durch Schwankungen des Barometers unterbrochen, welche zur Zeit des Neumonds und wieder im dritten Octanten eintreten. 3) Im Sommer rückt die Periode des hohen Barometerstandes näher zum Vollmond, und die Periode des tiefen Barometerstandes näher zum Neumond. 4) Der Einflufs der Lunistitien auf die Schwankungen des Barometers ist unmerklich.

Ferner habe ich noch aufgesucht, wie viele Extreme des Barometerstands bei sämmtlichen Mondsphasen in den verschiedenen Jahreszeiten vorkommen. So oft nämlich in einem Monat das Barometer über das mittlere Maximum stieg, oder unter das mittlere Minimum des Barometerstandes des Monats fiel, wird dieser der Mondsphase als ein Extrem im Maximum oder im Minimum zugezählt, die Summe beider giebt die Anzahl sämmtlicher Extreme. Weil jedoch die Anzahl der Beobachtungen, welche den verschiedenen Jahreszeiten und Mondsphasen zugehören, ungleich ist, so habe ich sämmtliche Zahlen auf 10000 Beobachtungen reducirt, so dafs z. B. die mittlere Anzahl der Extreme im ganzen Jahr angiebt, dafs unter 10000 Beobachtungen das Barometer 340 Mal den mittleren höchsten Stand übersteigt, 227 Mal unter den

mittleren tiefsten Stand fällt, und also überhaupt 567 Extreme beobachtet werden. Diese Zahlen habe ich in der folgenden Tabelle zusammengestellt, worin die mit Max., Min. und Summe bezeichneten Spalten angeben,

5. Extreme des

| Phase. | Winter. | | | Frühling. | | | Sommer. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Max. | Min. | S. | Max. | Min. | S. | Max. | Min. | S. |
| N. M. | 278 | 357 | 635 | 725 | 162 | 887 | 213 | 339 | 552 |
| 1. Oct. | 477 | 374 | 851 | 455 | 196 | 651 | 147 | 147 | 294 |
| E. V. | 567 | 344 | 911 | 486 | 282 | 768 | 155 | 329 | 484 |
| 2. Oct. | 393 | 196 | 589 | 111 | 343 | 454 | 151 | 141 | 292 |
| V. M. | 407 | 349 | 756 | 58 | 172 | 230 | 539 | 88 | 627 |
| 3. Oct. | 405 | 145 | 550 | 118 | 245 | 363 | 340 | 288 | 628 |
| L. V. | 556 | 354 | 910 | 368 | 116 | 484 | 132 | 113 | 245 |
| 4. Oct. | 481 | 164 | 645 | 415 | 166 | 581 | 248 | 124 | 372 |
| Mittel | 446 | 285 | 731 | 342 | 210 | 552 | 241 | 196 | 437 |

Zuerst bemerkt man, dafs das Barometer häufiger über das mittlere Maximum steigt, als unter das mittlere Minimum fällt. Der Grund davon ergiebt sich leicht bei der Betrachtung der monatlichen Resultate des Barometers (s. Tabelle 2 des ersten Abschnitts); es liegt nämlich in jedem Monat das Maximum dem mittleren Stand um mehrere Millimeter näher als das Minimum, wefswegen das Barometer auch häufiger über das Maximum steigt, als unter das Minimum fällt; dagegen erreicht das Barometer nur selten einen sehr hohen (über 773 Millimet. betragenden, also das Mittel um 17 Millimet. übertreffenden) Stand, während es häufiger einen sehr tiefen (weniger als 732 Millimet., also 24 Millimet. unter dem mittleren betragenden) Stand erreicht. — Zugleich ergiebt sich, dafs die Extreme im Winter am häufigsten, im Sommer am seltensten sind, im Frühling und Herbst ist die Anzahl derselben beinahe gleich, aber etwas geringer als die mittlere des ganzen Jahres.

Betrachtet man die Anzahl der Extreme bei den ver-

wie oft Extreme des Maximums, des Minimums und wie viel Extreme überhaupt in jeder Jahreszeit bei jeder Phase vorkommen.

Barometerstandes.

| Herbst. | | | Jahr. | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Max. | Min. | Summe. | Max. | Min. | Summe. |
| 207 | 98 | 305 | 358 | 239 | 597 |
| 349 | 229 | 578 | 354 | 235 | 589 |
| 351 | 225 | 576 | 388 | 295 | 683 |
| 411 | 206 | 617 | 265 | 222 | 487 |
| 282 | 195 | 477 | 320 | 201 | 521 |
| 116 | 496 | 612 | 243 | 292 | 535 |
| 549 | 108 | 657 | 399 | 173 | 572 |
| 411 | 191 | 602 | 389 | 161 | 550 |
| 335 | 218 | 553 | 340 | 227 | 567 |

schiedenen Mondsphasen, so zeigt sich, dafs die gröfste Anzahl im Winter auf das erste Viertel, im Frühling auf den Neumond, im Sommer auf den dritten Octanten und im Herbst auf das letzte Viertel, also beinahe immer auf diejenige Phase fällt, welche den höchsten Barometerstand hat; im ganzen Jahr ist dieses aber nicht der Fall, indem das erste Viertel, wo das Barometer wieder zu steigen anfängt, die gröfste Anzahl hat. Die kleinste Anzahl fällt im Winter auf den dritten Octanten, im Frühling auf den Vollmond, im Sommer auf das letzte Viertel, im Herbst auf den Neumond und im ganzen Jahr auf den zweiten Octanten; und hierbei bemerkt man kein regelmäfsiges Zusammentreffen mit einem hohen oder einem tiefen Barometerstand. Im Allgemeinen läfst sich aus diesen Resultaten auf nichts Bestimmtes schliefsen, jedoch scheint es, dafs die Extreme während der Periode zwischen dem letzten und ersten Viertel, wo das Barometer fällt, am häufigsten vorkommen, und ungefähr zur Zeit des tiefsten Barometerstandes ihr Maximum erreichen,

dafs sie aber, sobald das Barometer wieder anfängt zu steigen, bedeutend seltener werden. Die gröfste Anzahl der Extreme im Maximum fällt auf das letzte Viertel, also auf die Zeit des höchsten Barometerstandes, und die gröfste Anzahl der Extreme des Minimums auf das erste Viertel, mithin sogleich nach dem tiefsten Barometerstand; aber auch die Extreme im Maximum sind zu dieser Zeit sehr häufig. Die Ab- und Zunahme der Zahlen zeigt aber in den einzelnen Jahreszeiten wie im ganzen Jahr nur wenig Regelmäfsigkeit, so dafs man hieraus keinen bestimmten Zusammenhang zwischen den Mondsphasen und der Häufigkeit der Extreme im Barometerstand erkennen kann.

Zum Schlusse dieses Abschnitts erlaube ich mir noch zu bemerken, dafs der Einflufs des synodischen Umlaufs des Mondes auf den Barometerstand mir desto zweifelhafter zu werden scheint, je mehr ich die aus verschiedenen Beobachtungen erhaltenen Resultate mit einander vergleiche; jedoch vermuthe ich, dafs das Klima derjenigen Städte, wovon Beobachtungen zu solchen Untersuchungen benutzt wurden, einen nicht unbedeutenden Einflufs hierauf ausüben könnte. So ist es mir wahrscheinlich, dafs in südlichen Gegenden der Einflufs der Lunistitien merklicher seyn dürfte als in nördlichen, und dafs ferner die Periode des hohen Barometerstandes, welche nach den Pariser und Strafsburger Beobachtungen im Sommer dem Vollmond, im Winter dem letzten Viertel näher rückt, im südlichen Europa vielleicht ganz auf die Zeit des Vollmonds, und im nördlichen mehr auf die Zeit des Neumonds fallen könnte. Da nun Paris, Genf, Strafsburg, Karlsruhe u. s. w. mehr in der Mitte Europa's und nahe an der Gränze der verschiedenen, dem Norden und dem Süden eigenthümlichen Klimate liegen, so könnten die in jenen Städten angestellten Beobachtungen, welche hauptsächlich zu solchen Untersuchungen gedient haben, weniger dazu geeignet seyn, Resultate zu lie-

fern, aus welchen ein Gesetz sich deutlich erkennen
ßt, als andere mehr im südlichen und eben so im nörd-
hen Europa angestellte Beobachtungen. Ich habe mir
var vorgenommen im nächsten Jahre den Einfluſs des
nodischen und anomalistischen Umlaufs des Mondes auf
en Barometerstand und die Witterung nochmals aus
en Karlsruher Beobachtungen zu bestimmen, aber es
t sehr zu wünschen, daſs noch mehrere Physiker, wel-
en Beobachtungen aus dem südlichen oder nördlichen
uropa zu Gebote stehen, diesen wichtigen Gegenstand
ıtersuchen möchten.

## Dritter Abschnitt.

**stimmung der vom Monde erzeugten atmosphärischen Ebbe
und Fluth, nach 22jährigen zu Paris angestellten Beob-
achtungen.**

Um den Gegenstand und den Zweck dieser Unter-
chung gehörig auffassen zu können, wird es nicht über-
ıssig seyn, die Erscheinungen der Ebbe und Fluth des
'eltmeers und der Atmosphäre zuvor etwas näher zu
trachten.

Es ist bekannt, daſs das Wasser im Weltmeer zwei
al täglich regelmäſsig steigt und fällt, so daſs auf einen
chsten Wasserstand die Fluth, nach etwa 6 Stunden ein
fster Wasserstand, die Ebbe folgt, worauf das Wasser
eder zu steigen anfängt, bis nach weiteren sechs Stun-
n eine zweite Fluth eintritt, welcher nach Verfluſs von
mselben Zeitraum eine zweite Ebbe folgt. Dieses pe-
ıdisch wiederkehrende Steigen und Fallen des Wassers
rd durch die Anziehungskraft des Mondes und der
nne hervorgebracht, und entsteht somit durch die Ver-
ıigung zweier partiellen Fluthen, wovon die eine be-
utendere vom Mond, die andere schwächere von der
nne erzeugt wird. Im Allgemeinen tritt die erste Fluth
r Zeit des Durchgangs des Mondes durch den oberen,

und die zweite zur Zeit des Durchgangs desselben durch den unteren Meridian ein, während die erste Ebbe mit dem Aufgang, die zweite aber mit dem Untergang des Mondes nahe zusammentrifft. Weil nun der Mond an jedem folgenden Tag um ungefähr 50 Minuten später durch den Meridian geht, so verspätet sich auch die Ebbe und Fluth täglich um eben so viele Zeit, wodurch dieselben Erscheinungen erst nach einem halben Monat wieder zu denselben Tageszeiten eintreten. — Die Einwirkung der Sonne, durch deren Anziehungskraft eine täglich zwei Mal zu denselben Stunden wiederkehrende Ebbe und Fluth erzeugt werden mufs, wird hauptsächlich nur dadurch merklich, dafs zur Zeit der Syzyzien, wo die Culminationen des Mondes und der Sonne zu gleicher Zeit erfolgen, die Ebbe und Fluth bedeutender ist, als zur Zeit der Quadraturen, wo die vom Monde hervorgebrachte Fluth mit der von der Sonne bewirkten Ebbe, und eben so die vom Monde erzeugte Ebbe mit der von der Sonne hervorgebrachten Fluth zusammentrifft, und somit die Einwirkung des Mondes durch die Einwirkung der Sonne geschwächt wird. Ferner zeigt sich noch eine Ungleichheit in den Fluthen, je nachdem der Mond in der Erdnähe oder in der Erdferne sich befindet, indem unter sonst gleichen Umständen die Fluthen zur Zeit der Erdnähe höher sind, als zur Zeit der Erdferne.

Die atmosphärische Ebbe und Fluth wird, nach La Place [1]), eben so wie die des Weltmeers durch die vereinigte Einwirkung der Sonne und des Mondes hervorgebracht, und beide sind denselben Gesetzen unterworfen. Mithin entsteht die atmosphärische Fluth gleichfalls durch die Vereinigung zweier partieller Fluthen, von denen die eine von der Anziehungskraft der Sonne, die andere von der Anziehungskraft des Mondes erzeugt wird. Die Periode der atmosphärischen Sonnenfluth ist ein hal-

1) *Annales de chimie et physique*, *T. XXIV p.* 281; daraus in Poggendorff's Annalen, Bd. XIII S. 137.

ber Sonnentag, und die Periode der Mondsfluth ein halber Mondstag, und dabei mufs die Einwirkung des Mondes ebenfalls viel bedeutender seyn, als die Einwirkung der Sonne. Weil aber hierdurch die Höhe der Atmosphäre in regelmäfsigen Perioden abwechselnd vermehrt und vermindert wird, und der Barometerstand vom Luftdruck abhängig ist, so läfst sich vermuthen, dafs das Barometer zur Zeit der Fluth höher stehen werde, als zur Zeit der Ebbe; wogegen jedoch eingewendet werden kann, dafs während der Fluth durch die Anziehungskraft des Mondes die Anziehungskraft, welche die Erde auf die Lufttheilchen ausübt, d. h. das Gewicht der letzteren, vermindert werde, und deswegen die atmosphärische Ebbe und Fluth kein periodisches Steigen und Fallen des Barometers hervorbringen könne. Weil jedoch die atmosphärische Fluth nicht allein durch die directe Wirkung der Sonne und des Mondes, sondern auch durch die periodische Hebung und Senkung des Weltmeers, als der beweglichen Basis der Atmosphäre, verursacht wird, und dieses, nach La Place, als Hauptursache der atmosphärischen Fluth angesehen werden mufs, so ist es immerhin am wahrscheinlichsten, dafs dieselbe regelmäfsige Schwankungen des Barometers erzeugen wird.

Aus vielen, an verschiedenen Orten angestellten Beobachtungen hat sich ergeben, dafs das Barometer täglich zu denselben Stunden wiederkehrend regelmäfsige Schwankungen zeigt, und in jedem Tag zwei Mal ein höchster und eben so zwei Mal ein tiefster Barometerstand eintritt. Die Stunden, in welchen diese Extreme eintreten, sind an verschiedenen Orten ziemlich gleich, und es fallen im Durchschnitt die beiden Maxima des Barometerstandes auf $10^h$ Morgens und $10^h$ Abends; dagegen die beiden Minima auf $4^h$ Morgens und $4^h$ Abends. Diese Schwankungen sind innerhalb der Wendekreise am bedeutendsten, in höheren Breiten geringer. Der Unterschied zwischen dem Maximum um $9^h$ Morgens und dem

Minimum um 3$^h$ Abends beträgt in Paris, nach meinen im ersten Abschnitt mitgetheilten Resultaten, 0,775 Millimeter; weil aber diese Beobachtungsstunden mit den eigentlichen Wendestunden, wo das wirkliche Maximum und Minimum eintritt, nicht ganz zusammentreffen, so mufs der wirkliche Unterschied noch etwas gröfser seyn, und kann ungefähr 0,800 Millimeter betragen.

Die Ursache dieser täglichen Schwankungen ist noch nicht vollständig bekannt. Mehrere Physiker haben sie aus einer durch die vereinigte Anziehungskraft der Sonne und des Mondes erzeugten atmosphärischen Ebbe und Fluth hergeleitet, welche Erklärung aber schon deshalb verwerflich ist, weil die Extreme immer auf dieselben Stunden fallen, also von der zu verschiedenen Tagesstunden eintreffenden Culmination des Mondes unabhängig sind. Wahrscheinlicher ist es, dafs diese Erscheinung von der Anziehungskraft der Sonne allein verursacht werde; da aber, nach der Berechnung von La Place, die Anziehungskraft der Sonne viel zu gering ist, um Schwankungen von der beobachteten Gröfse hervorzubringen, so wurde von den meisten Physikern angenommen, dafs die von den Sonnenstrahlen auf der Erde erzeugte Wärme, welche im Allgemeinen von der Höhe der Sonne über dem Horizont abhängt, die Grundursache dieser regelmäfsigen Schwankungen des Barometers sey, wobei aber nicht unberücksichtigt bleiben darf, dafs nach dieser Hypothese die beiden Extreme, welche in der Nacht eintreten, nicht wohl erklärt werden können, weil der Gang der Temperatur innerhalb 24 Stunden keineswegs eine doppelte, sondern nur eine einfache Periode der Zu- und Abnahme zeigt.

Nimmt man nun an, diese regelmäfsigen täglichen Schwankungen des Barometers würden von der letzteren oder einer andern unbekannten Ursache hervorgebracht, so werden die von der atmosphärischen Sonnenfluth verursachten Schwankungen des Barometers, welche

n jedem Tag zu denselben Stunden wiederkehren, mit
nen regelmäfsigen Schwankungen, welche sie modifici-
en, zusammenfallen, und man kann sie daher aus den
eobachtungen des Barometers nicht erkennen. Diefs
t aber nicht der Fall bei den von der atmosphärischen
Iondsfluth erzeugten Schwankungen des Barometers, denn
iese richten sich nach den Mondsstunden, und treten
rst nach Verlauf eines halben Monats wieder zu den-
lben Tageszeiten ein. Hiernach ist es zur Bestimmung
er Mondsfluth am zweckmäfsigsten, die gegebenen Ba-
ometerbeobachtungen von halbem zu halbem Monat zu
rgleichen, damit immer diejenigen Mondsphasen, bei
elchen die Fluth auf dieselben Tageszeiten fällt, mit
nander verbunden werden.

Um jedoch eine so kleine Gröfse, wie die Monds-
uth, unter den grofsen unregelmäfsigen Schwankungen
es Barometers erkennen zu können, bedarf man einer
hr grofsen Anzahl von Beobachtungen. La Place
at zur Bestimmung derselben von den auf der Stern-
arte zu Paris angestellten Beobachtungen eine Reihe
on acht Jahren benutzt, welche (weil die vierte, Abends
Uhr angestellte Beobachtung nicht aufgenommen wurde)
ne Anzahl von 4752 Beobachtungen enthalten. Es er-
ebt sich aus der Untersuchung dieses berühmten Ge-
hrten, dafs die Gröfse der Mondsfluth nicht mehr als
0556 Millimeter beträgt, und das Maximum des Abends
n Tage der Syzyzien auf $3^h 20'$ fällt; La Place selbst
emerkt aber, dafs man, um die atmosphärische Monds-
uth mit Genauigkeit zu bestimmen, wenigstens 40000
eobachtungen anwenden müfste. Ferner hat Bou-
ard [1]), nach der von La Place [2]) angegebenen For-

[1]) *Mémoires de l'académie royale des Sciences, T. VII p.* 267; hieraus in Poggendorff's Annalen, Bd. XIII S. 137.

[2]) *Mécanique céleste, T. V p.* 237, und *Connaissance des tems,* 1826.

mel zur Berechnung der Wirkung des Mondes auf die Atmosphäre, die Gröfse der atmosphärischen Mondsfluth berechnet, und hierzu von den Pariser Beobachtungen eine Reihe von zwölf Jahren, welche 8940 Beobachtungen enthalten, angewandt, um die mittleren Barometerstände bei den Syzyzien und Quadraturen zu bestimmen. Die Berechnung giebt die Gröfse der Fluth =0,01763 Millimeter, und die Zeit des Maximums am Tage der Syzyzien $2^h$ 8′ Abends; woraus Bouvard schliefst, dafs man für die Breite von Paris den Einflufs des Mondes auf die Atmosphäre als unmerklich ansehen könne. Diese Angaben sind übrigens keineswegs hinreichend, um das Daseyn und die Gröfse einer atmosphärischen Mondsfluth gehörig nachzuweisen, indem die Anzahl der Beobachtungen, welche jene Gelehrten zu ihren Berechnungen verwendet haben, zur Entfernung zufälliger Einflüsse viel zu gering ist. — Die Wichtigkeit dieser Aufgabe hat mich deswegen veranlafst, die Gröfse der atmosphärischen Mondsfluth aus einer möglichst grofsen Anzahl von Beobachtungen zu bestimmen, wozu ich einen Zeitraum von zweiundzwanzig Jahren, welcher 8036 Tage und 32144 Beobachtungen umfafst, aus den zu Paris angestellten Beobachtungen ausgewählt habe [1]). Da hierüber schon oben das Nöthige mitgetheilt ist, bleibt nur noch übrig zu zeigen, auf welche Weise ich die Beobachtungen combinirt und die nöthigen Correctionen ausgeführt habe. — Den Zeitraum eines synodischen Umlaufs des Mondes habe ich in acht Phasen, wovon jede im Durchschnitt $3\frac{3}{4}$ Tage oder funfzehn Beobachtungen umfafst, und den Zeitraum zwischen zwei oberen Culminationen des Mondes in 24 Mondsstunden eingetheilt, von welchen jede etwa 62 Minuten Sonnenzeit beträgt;

1) Es war meine Absicht, wenigstens 40000 Beobachtungen anzuwenden, aber die von dem Jahr 1819 in dem *Journal de physique* enthaltenen sind unbrauchbar, weil sie nur die täglichen Extreme des Barometerstands angeben.

die beiden Stunden, in welchen der Mond den oberen und den unteren Meridian passirt, sind mit $0^h$ und $12^h$ bezeichnet. Die Mondsstunde, welcher eine der vier täglichen Beobachtungsstunden zugehört, habe ich jedesmal aus den astronomischen Jahrbüchern genau bestimmt. Es erhält jede Mondsstunde im Durchschnitt 1339 Beobachtungen, aber die Anzahl derselben ist auf die verschiedenen Stunden ungleich vertheilt, die gröfste Anzahl, welche eine Stunde enthält, beträgt 1377, die kleinste 1302 Beobachtungen; ganz gleich würde die Anzahl derselben nur alsdann werden, wenn die Beobachtungen einen Zeitraum umfassen würden, wo die verschiedenen Mondsphasen wieder an denselben Tagen und Stunden eintreten. Von einer jeden der vier täglichen Beobachtungsstunden, und eben so von jeder der acht Phasen, kommen auf eine jede Mondsstunde im Mittel 335 Beobachtungen; aber auch hier ist die Anzahl in den einzelnen Stunden verschieden, indem einige 362, andere nur 310 Beobachtungen aus der nämlichen Tagesstunde enthalten. Ferner giebt jede Beobachtungsstunde in einer jeden Phase drei Mondsstunden; weil nämlich die Phase drei bis vier Tage enthält, und der Durchgang des Monds durch den Meridian sich beinahe um eine Stunde täglich verspätet, so wird die Beobachtung aus einer gewissen Tagesstunde am Tage vor der Phase einer späteren, und am Tage nach derselben einer früheren Stunde zugehören, als am Tage der Phase selbst. So giebt z. B. die Beobachtungsstunde um $12^h$ Mittags am Tage vor dem Neumond $1^h$, am Tage des Neumonds $0^h$, und am Tage nach dem Neumond $23^h$. Da nun vier tägliche Beobachtungen gegeben sind, so erhält jede Phase nur 12 Mondsstunden, und die 12 anderen bleiben leer; wären aber, aufser den vier obigen, noch vier weitere Beobachtungen um $6^h$ Abends, $12^h$ Nachts, $3^h$ Morgens und $6^h$ Morgens gegeben, so würden in jeder Phase alle 24 Stunden vorkommen. Die Vertheilung sämmtlicher Beobachtungen auf die verschiedenen Phasen und Mondsstunden ist aus

folgender Tabelle ersichtlich, worin die in den Spalten neben einander stehenden drei Zahlen die Mondsstunden am Tage vor der Phase, am Tage derselben und am Tage nach derselben bedeuten, welche von der oben stehenden Beobachtungsstunde der Phase zukommen.

1. Vertheilung der Beobachtungen.

| Phase. | 9h Morgens. | | | 12h Mittags. | | | 3h Abends. | | | 9h Abends. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N. M. | 22 | 21 | 20 | 1 | 0 | 23 | 4 | 3 | 2 | 10 | 9 | 8 |
| 1. Oct. | 19 | 18 | 17 | 22 | 21 | 20 | 1 | 0 | 23 | 7 | 6 | 5 |
| E. V. | 16 | 15 | 14 | 19 | 18 | 17 | 22 | 21 | 20 | 4 | 3 | 2 |
| 2. Oct. | 13 | 12 | 11 | 16 | 15 | 14 | 19 | 18 | 17 | 1 | 0 | 23 |
| V. M. | 10 | 9 | 8 | 13 | 12 | 11 | 16 | 15 | 14 | 22 | 21 | 20 |
| 3. Oct. | 7 | 6 | 5 | 10 | 9 | 8 | 13 | 12 | 11 | 19 | 18 | 17 |
| L. V. | 4 | 3 | 2 | 7 | 6 | 5 | 10 | 9 | 8 | 16 | 15 | 14 |
| 4. Oct. | 1 | 0 | 23 | 4 | 3 | 2 | 7 | 6 | 5 | 13 | 12 | 11 |

Für jede der 24 Mondsstunden habe ich den mittleren Barometerstand aufgesucht, und zwar sowohl für die vier Jahreszeiten und das ganze Jahr, als auch für die acht Mondsphasen. Die unmittelbar aus den Beobachtungen erhaltenen mittleren Barometerstände bedürfen aber noch folgender Correctionen:

1) Weil die Anzahl der Beobachtungen, welche eine Mondsstunde aus den vier Tagesstunden erhält, mehr oder weniger ungleich, und der Barometerstand an den letzteren, wegen der täglichen regelmäfsigen Schwankungen, theils über, theils unter dem Mittel ist, so müssen diese Schwankungen entfernt und also sämmtliche Barometerstände auf den mittleren reducirt werden. Es sind aber die Unterschiede des Barometerstands der vier Tagesstunden von dem mittleren:

| | | |
|---|---|---|
| $9^h$ Morgens | $+0,3453$ | Millimeter |
| $12^h$ Mittags | $+0,0680$ | - |
| $3^h$ Abends | $-0,4289$ | - |
| $9^h$ - | $+0,0157$ | - |

Daher habe ich von den Barometerständen, welche von

$9^h$ Morgens, $12^h$ und $9^h$ Abends vorkommen, 0,3453, 0,0680 und 0,0157 abgezählt, dagegen den Barometerständen, welche aus $3^h$ Ab. auf eine Mondsstunde fallen, 0,4289 zugezählt. Diese Correction mufste, um den Einflufs jener Schwankungen zu entfernen, überall ausgeführt werden; sie verändert jedoch den mittleren Barometerstand, welcher für eine Mondsstunde aus allen Phasen vom ganzen Jahr gefunden ist, höchstens um 0,006 Millimeter; dagegen beträgt sie eben so viel als die obigen Zahlen angeben, wenn die mittleren Barometerstände der Mondsstunden für die einzelnen Phasen bestimmt werden, weil alsdann eine Mondsstunde immer nur aus Einer Tagesstunde Beobachtungen enthält.

2) Weil eine jede Mondsstunde nicht aus allen, sondern nur aus vier Phasen Beobachtungen erhält, und die mittleren Barometerstände der einzelnen Phasen um 0,52 Millimeter von einander verschieden sind, so ist es gleichfalls nothwendig, die mittleren Barometerstände nach den Phasen zu corrigiren. Indem z. B. $0^h$ nur beim Neumond, ersten, zweiten und vierten Octanten vorkommt, und die Barometerstände dieser Phasen um +0,182, −0,338, −0,105 und −0,008 von dem mittleren Stand abweichen, so wurde von den Barometerständen, welche vom Neumond auf $0^h$ fallen, 0,182 Millimet. abgezählt, und den übrigen, welche von den obigen drei Octanten eintreten, je nach der Phase 0,338, 0,105 und 0,008 zugezählt, und dadurch der Barometerstand dieser Stunde im Ganzen um 0,063 Millim. erhöht. — Durch diese Correction soll der Einflufs derjenigen Barometerschwankungen, welche vom synodischen Umlauf des Monds herrühren, entfernt werden; da jedoch die Gröfse derselben noch nicht gehörig bestimmt ist, so könnte diese Correction als überflüssig erscheinen, daher habe ich sie auch nur da ausgeführt, wo ein solcher Einflufs von Bedeutung seyn konnte, nämlich bei der Bestimmung der mittleren Barometerstände der Mondsstunden, wenn dieselben aus vier Phasen, nicht

aber wenn sie aus den einzelnen Phasen berechnet wurden. In jenem Fall wird der nach den Tagesstunden corrigirte Barometerstand durch diese zweite Correction um höchstens 0,1 Millimeter erhöht oder erniedrigt.

In der folgenden Tabelle habe ich die mittleren Barometerstände der 24 Mondsstunden in Millimetern über 750 für die vier Jahreszeiten und das ganze Jahr zusammengestellt; sie sind sämmtlich nach den Tagesstunden und in der letzten Spalte auch zugleich nach den Mondsphasen corrigirt.

2. Barometerstände der einzelnen Stunden.

| Stunde. | Winter. | Frühling. | Sommer. | Herbst. | Jahr I. | Jahr II. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 6,936 | 5,490 | 5,877 | 5,290 | 5,875 | 5,938 |
| 1 | 7,327 | 5,420 | 5,980 | 5,020 | 5,926 | 5,998 |
| 2 | 7,094 | 5,482 | 6,104 | 5,225 | 5,956 | 5,854 |
| 3 | 6,886 | 5,529 | 5,740 | 6,045 | 6,050 | 5,943 |
| 4 | 7,477 | 5,558 | 5,943 | 5,724 | 6,181 | 6,080 |
| 5 | 6,919 | 5,303 | 5,941 | 5,324 | 5,870 | 5,909 |
| 6 | 7,104 | 5,160 | 6,028 | 5,272 | 5,914 | 5,955 |
| 7 | 6,742 | 4,893 | 6,357 | 5,385 | 5,850 | 5,892 |
| 8 | 6,498 | 5,329 | 6,228 | 6,182 | 6,060 | 5,962 |
| 9 | 6,707 | 5,163 | 6,430 | 5,968 | 6,067 | 5,968 |
| 10 | 6,689 | 4,975 | 6,450 | 5,792 | 5,971 | 5,873 |
| 11 | 7,148 | 5,016 | 6,361 | 5,640 | 6,030 | 6,052 |
| 12 | 7,034 | 4,510 | 6,360 | 5,234 | 5,740 | 5,760 |
| 13 | 7,262 | 4,414 | 6,452 | 6,005 | 6,033 | 6,054 |
| 14 | 6,999 | 4,878 | 6,354 | 5,888 | 6,006 | 5,965 |
| 15 | 7,451 | 4,749 | 6,156 | 5,661 | 6,001 | 5,959 |
| 16 | 6,946 | 4,820 | 6,096 | 5,773 | 5,920 | 5,877 |
| 17 | 7,309 | 4,981 | 6,169 | 5,012 | 5,861 | 5,960 |
| 18 | 7,446 | 5,461 | 6,134 | 4,879 | 5,997 | 6,085 |
| 19 | 6,914 | 4,912 | 5,997 | 5,094 | 5,722 | 5,820 |
| 20 | 6,803 | 5,065 | 6,263 | 5,014 | 5,792 | 5,814 |
| 21 | 6,740 | 5,694 | 5,964 | 5,586 | 5,993 | 6,005 |
| 22 | 7,018 | 5,402 | 5,994 | 5,248 | 5,910 | 5,929 |
| 23 | 6,817 | 5,401 | 6,316 | 4,989 | 5,869 | 5,941 |
| Mittel | 7,013 | 5,149 | 6,152 | 5,466 | 5,941 | 5,941 |

Es ergiebt sich hieraus Folgendes: der höchste Barometerstand fällt im ganzen Jahr auf $4^h$ (also 4 Stunden nach der oberen Culmination des Mondes), und der tiefste auf $19^h$ (7 Stunden nach der unteren Culmination); aber es läſst sich weder eine einfache, noch eine doppelte Periode des Steigens und Fallens deutlich erkennen. Von $23^h$ bis $4^h$ steigt das Barometer regelmäſsig fort; nach dem Maximum aber folgen drei tiefe Barometerstände, worauf von $8^h$ bis $15^h$, mit Ausnahme von $12^h$, wo ein sehr tiefer Stand eintritt, das Barometer fortwährend über dem Mittel steht, und auch die darauf folgende von $16^h$ bis $23^h$ dauernde Periode des tiefen Barometerstandes wird mehrmals unterbrochen. Mithin zeigt sich keine regelmäſsige atmosphärische Ebbe und Fluth; es müſste nämlich innerhalb der ersten 12 Stunden ein Maximum und 6 Stunden später ein Minimum des Barometerstandes eintreten, worauf 12 Stunden später ein zweites Maximum und ein zweites Minimum folgen würden. Wenn also das Maximum um $4^h$, welches der von La Place für die Fluth gefundenen Stunde entspricht, als die erste Fluth betrachtet wird, so müſste auf $10^h$ eine Ebbe mit niederem, auf $16^h$ eine zweite Fluth mit hohem, und auf $22^h$ eine zweite Ebbe mit niederem Barometerstand eintreten; davon ist aber nichts zu bemerken, das Barometer steht um $10^h$ etwas über, um $16^h$ und $22^h$ etwas unter dem Mittel, ein zweites Maximum ist gar nicht vorhanden, und ein zweites Minimum fällt auf $12^h$. In der letzten Spalte, wo die Barometerstände auch nach den Mondsphasen corrigirt sind, fällt das Maximum auf $18^h$, das Minimum auf $12^h$, welchen beiden ein zweites Minimum in $0^h$ und ein zweites Maximum in $6^h$ entsprechen sollte; von ersterem ist aber nichts zu bemerken, und letzteres fallt schon auf $4^h$. Ferner zeigt sich ebenfalls kein periodisches, sondern mehr ein abwechselndes Steigen und Fallen des Barometers, so daſs auf einen oder zwei hohe wieder eben so viele tiefe Baro-

meterstände folgen. Diese Unregelmäfsigkeit der Schwankungen zeigt sich auch mehr oder weniger in den einzelnen Jahreszeiten. Im Winter fällt das Maximum auf $4^h$ und das Minimum schon auf $8^h$, aber auch in $10^h$ steht das Barometer so tief, dafs man es als die auf $4^h$ folgende Ebbe betrachten kann; ein zweites Maximum fällt auf $15^h$ und ein zweites Minimum auf $21^h$. Diese Stunden würden zwar einigermafsen einer regelmäfsigen Folge von Ebbe und Fluth entsprechen, aber in den Zwischenzeiten ist das Steigen und Fallen des Barometers ganz unregelmäfsig. — Im Frühling fällt das Maximum auf $21^h$ und das Minimum auf $13^h$, ein kleineres Maximum fällt auf $4^h$ und ein kleineres Minimum auf $7^h$, aber das Barometer steht in den 10 Stunden von $21^h$ bis $6^h$ fortwährend über, und in den übrigen 14 Stunden meistens unter dem Mittel, so dafs eher eine einfache als eine doppelte Periode zu erkennen ist. — Im Sommer tritt das Maximum in $13^h$ und das Minimum in $3^h$ ein, und man bemerkt nur eine einfache Periode, indem das Barometer von $7^h$ bis $17^h$ beinahe immer über, und von $18^h$ bis $6^h$ beinahe immer unter dem Mittel steht. Ein ähnliches Verhältnifs zeigt sich im Herbst, nur wird die Periode des hohen Barometerstandes, welche von $8^h$ bis $16^h$ dauert, in $12^h$ durch einen sehr tiefen, und die darauf folgende Periode des tiefen Barometerstandes mehrmals durch einen hohen Stand unterbrochen, so dafs gleichfalls kein regelmäfsiges Steigen und Fallen zu erkennen ist. Das Maximum fällt auf $8^h$ und das Minimum auf $18^h$. Dabei sind in allen Jahreszeiten die Schwankungen des Barometers sehr gering; der Unterschied zwischen dem höchsten und dem tiefsten Stand beträgt im Winter 0,971, im Frühling 1,280, im Sommer 0,712, im Herbst 1,303 und im ganzen Jahr 0,459, oder bei weiterer Correction nach den Mondsphasen nur 0,325 Millimeter, und ist also zur Zeit der Aequinoctien etwas gröfser als zur Zeit der Solstitien.

Wenn in der That eine atmosphärische Ebbe und Fluth vorhanden ist, so müssen dieselben Erscheinungen in Zeiträumen von 12 Mondsstunden wiederkehren; werden daher die mittleren Barometerstände von je zwei — 12 Stunden von einander liegenden — Stunden zu einem neuen Mittel vereinigt, so müssen die beiden Maxima und eben so die beiden Minima zusammenfallen, wodurch eine einfache Periode des Steigens und Fallens entsteht. Indem alsdann der mittlere Barometerstand einer jeden solchen Doppelstunde im Durchschnitt aus 2679 Beobachtungen berechnet ist, so läfst sich eine Ausgleichung der zufälligen Schwankungen mit gröfserer Sicherheit erwarten. — Eine sonst wie die obige eingerichtete Zusammenstellung der aus je zwei Stunden berechneten Barometerstände enthält die folgende Tabelle:

3. Barometerstände der Doppelstunden.

| Stunden. | Winter. | Frühling. | Sommer. | Herbst. | Jahr I. | Jahr II. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 12 | 6,985 | 5,000 | 6,119 | 5,262 | 5,807 | 5,849 |
| 1 13 | 7,294 | 4,917 | 6,216 | 5,513 | 5,979 | 6,026 |
| 2 14 | 7,047 | 5,180 | 6,229 | 5,556 | 5,981 | 5,909 |
| 3 15 | 7,168 | 5,139 | 5,948 | 5,853 | 6,026 | 5,951 |
| 4 16 | 7,212 | 5,189 | 6,020 | 5,749 | 6,051 | 5,979 |
| 5 17 | 7,114 | 5,142 | 6,055 | 5,168 | 5,866 | 5,934 |
| 6 18 | 7,275 | 5,310 | 6,081 | 5,076 | 5,955 | 6,020 |
| 7 19 | 6,828 | 4,903 | 6,177 | 5,239 | 5,786 | 5,856 |
| 8 20 | 6,650 | 5,197 | 6,245 | 5,598 | 5,926 | 5,888 |
| 9 21 | 6,723 | 5,429 | 6,197 | 5,777 | 6,030 | 5,987 |
| 10 22 | 6,854 | 5,189 | 6,220 | 5,520 | 5,940 | 5,901 |
| 11 23 | 6,982 | 5,208 | 6,338 | 5,314 | 5,950 | 5,996 |
| Mittel | 7,013 | 5,149 | 6,152 | 5,466 | 5,941 | 5,941 |

Man bemerkt, dafs im ganzen Jahr das Barometer von $0^h$ (also vom Meridiansdurchgang des Mondes) an fortwährend steigt und vier Stunden später den höchsten Stand erreicht, worauf ein schnelles Fallen eintritt, welches aber nicht regelmäfsig fortgeht, sondern mehrmals

von höheren Barometerständen unterbrochen wird, und dafs der tiefste Stand schon nach drei Stunden auf den höchsten folgt, während er erst sechs Stunden nach dem letzteren eintreten sollte. Noch viel weniger Regelmäfsigkeit zeigt sich, wenn die Barometerstände nach den Phasen corrigirt sind; der tiefste Stand fällt auf den Meridiansdurchgang, und in der darauf folgenden Stunde findet sich der höchste Stand des Barometers; in den übrigen Stunden zeigen sich unregelmäfsige Schwankungen, und das Barometer steht abwechselnd über oder unter dem Mittel. Unter den vier Jahreszeiten hat der Winter die gröfste Regelmäfsigkeit; vom tiefsten Stand, welcher acht Stunden nach der Culmination des Mondes eintritt, steigt das Barometer gleichmäfsig bis zum höchsten Stand, welcher fünf Stunden nach dem tiefsten folgt, alsdann aber bleibt das Barometer fünf Stunden lang über dem Mittel, bis mit $7^h$ ein schnelles Fallen beginnt, welches den tiefsten Stand schon in zwei Stunden herbeiführt. In den übrigen Jahreszeiten fällt das Maximum, so wie das Minimum des Barometerstandes, auf sehr verschiedene Stunden, im Frühling ersteres auf $9^h$, letzteres auf $7^h$, im Sommer auf $11^h$ und $3^h$, im Herbst auf $3^h$ und $6^h$, und nirgends zeigt sich ein regelmäfsiges Steigen und Fallen.

Auf ähnliche Weise habe ich auch die mittleren Barometerstände aus je drei auf einander folgenden Stunden (z. B. 23, 0, 1) und aus sechs Stunden (z. B. 23, 0, 1 und 11, 12, 13), alsdann auch aus vier Stunden (z. B. 23, 0 und 11, 12, oder 0, 1 und 12, 13) aufgesucht, aber ebenfalls keine Resultate erhalten, aus welchen ein bestimmtes Gesetz sich erkennen läfst; meistens steht das Barometer abwechselnd etwas über oder unter dem Mittel, so dafs häufig auf einen hohen Barometerstand nach drei Stunden ein tiefer und nach sechs Stunden wieder ein hoher folgt.

Ferner habe ich auch für jede Mondsphase den mitt-

leren Barometerstand einer jeden der darin vorkommenden zwölf Stunden berechnet; wodurch sich gleichfalls kein brauchbares Resultat ergeben hat, weswegen ich es für überflüssig halte, die weitläufige Tabelle davon mitzutheilen. Zuletzt habe ich noch die Beobachtungen, wie La Place vorgeschlagen hat, von einem halben zu einem halben Monat mit einander verbunden. Dadurch erhält man die Barometerstände aus je zwei nach etwa funfzehn Tagen auf einander folgenden Phasen (nämlich vom Neumond und Vollmond, vom 1. und 3. Octanten, vom ersten und letzten Viertel, und vom zweiten und vierten Octanten, bei welchen Ebbe und Fluth auf dieselben Tagesstunden fällt), und somit die Barometerstände aus je zwei zwölf Stunden von einanderliegenden Mondsstunden. Von den gegebenen Beobachtungen kommen im Durchschnitt auf zwei vereinigte Phasen 8036, auf jede Mondsstunde aber 670 oder 1339 Beobachtungen; die letztere doppelte Anzahl entsteht dadurch, dafs die Beobachtungen von $9^h$ Morgens und $9^h$ Abends zusammenfallen. Jede der vier vereinigten Phasen enthält neun Mondsstunden, die drei übrigen bleiben aber leer, weil in $6^h$ Abends keine Beobachtungen angestellt werden [1]). In der folgenden Tabelle habe ich diese Barometerstände zusammengestellt, welche, wie die früheren, nach den Tagesstunden, nicht aber nach den Mondsphasen corrigirt, und in Millimetern über 750 angegeben sind.

1) Ich hätte die fehlenden Stunden durch Interpolation ausfüllen können, habe es aber unterlassen, weil bei so geringen Schwankungen ein kleiner Fehler leicht ein ganz unrichtiges Resultat erzeugen kann.

4. Barometerstände von je zwei Phasen.

| Stunde. | Neumond. Vollmond. | 1. Octant. 3. Octant. | E. Viertel. L. Viertel. | 2. Octant. 4. Octant. | Mittel. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 12 | 6,379 | 5,597 | . | 5,613 | 5,807 |
| 1 13 | 6,071 | 5,720 | . | 6,068 | 5,979 |
| 2 14 | 5,980 | . | 6,016 | 5,913 | 5,981 |
| 3 15 | 6,185 | . | 6,055 | 5,798 | 6,026 |
| 4 16 | 6,072 | . | 6,106 | 5,922 | 6,051 |
| 5 17 | . | 5,752 | 6,044 | 5,919 | 5,866 |
| 6 18 | . | 5,929 | 6,119 | 5,835 | 5,955 |
| 7 19 | . | 5,676 | 6,016 | 5,783 | 5,786 |
| 8 20 | 5,836 | 5,924 | 6,096 | . | 5.926 |
| 9 21 | 6,109 | 5,709 | 6,176 | . | 6,030 |
| 10 22 | 6,104 | 5,618 | 5,951 | . | 5,940 |
| 11 23 | 5,716 | 5,987 | . | 6,042 | 5 950 |
| Mittel | 6,046 | 5,774 | 6,063 | 5,884 | 5,941 |

In allen Phasen fällt der tiefste Barometerstand in die Stunde vor oder nach dem höchsten, bei den Syzyzien auf $11^h$ und $0^h$, bei den Quadraturen auf $10^h$ und $9^h$, bei den Octanten nach den Syzyzien auf $0^h$ und $11^h$, und bei den Octanten nach den Quadraturen auf $0^h$ und $1^h$, und beide Extreme treten zur Zeit der Culmination des Mondes und nur bei den Quadraturen (wo die drei Stunden zur Zeit derselben fehlen) etwas vor derselben ein. Der Unterschied zwischen dem höchsten und tiefsten Barometerstand beträgt bei den Syzyzien 0,663, bei den Quadraturen aber nur 0,225, bei den Octanten 0,390 und 0,455 Millimeter, wonach also die atmosphärische Fluth wie die Meeresfluth zur Zeit der Syzyzien gröfser ist, als zur Zeit der Quadraturen. Indem jedoch das Barometer kein regelmäfsiges Steigen und Fallen zeigt, sondern abwechselnd über oder unter dem Mittel steht, auch die Extreme unmittelbar auf einander folgen, während sie sechs Stunden von einander entfernt seyn sollten, so scheint es mir sehr gewagt, hieraus auf das Daseyn einer atmosphärischen Fluth zu schliefsen.

Bevor ich zu den Schlufsbemerkungen übergehe, halte ich

ich es für zweckmäfsig, über die Unsicherheit der hier mitgetheilten (so wie ähnlicher) Resultate noch Einiges anzuführen. Ich habe die mittleren Barometerstände der Mondsstunden, so wie der Mondsphasen nicht allein aus dem ganzen Zeitraum von 22 Jahren, sondern ebenfalls aus kleineren Zeiträumen von 5, 15 und 20 Jahren für einzelne Monate und Jahreszeiten berechnet, und dadurch oft ganz verschiedene Resultate erhalten. Aus den ersten 5 Jahren ergiebt sich Aehnliches, wie aus sämmtlichen 22 Jahren; die Schwankungen des Barometers sind schon sehr gering, der Unterschied zwischen dem höchsten und tiefsten Barometerstand beträgt nur 1,586 Millimeter; der erstere fällt auf $9^h$, der letztere auf $0^h$, und es zeigt sich kein periodisches Steigen und Fallen. Aus dem Zeitraum von 15 Jahren erhielt ich für die drei Sommermonate ein ganz anderes Resultat; die Schwankungen des Barometers sind ganz regelmäfsig, vom Minimum, das auf $0^h$ fällt, steigt das Barometer fast gleichmäfsig fort, erreicht in $7^h$ den mittleren und in $10^h$ den höchsten Stand, bleibt bis $13^h$ beinahe auf gleicher Höhe und bis $17^h$ über dem Mittel, und fällt von da an mit wenigen Unterbrechungen gleichmäfsig bis zum Minimum. Da ich beinahe dieselben Resultate für den Monat Januar aus 14 und aus 20 Jahren erhielt, so schien es mir wahrscheinlich, der Mond verursache zwar eine doppelte atmosphärische Fluth, aber die erste, welche während seines Verweilens über dem Horizont eintritt, werde von seiner Anziehungskraft gleichsam getragen, also dadurch, das Gewicht der Lufttheilchen vermindert, und somit in den zwölf Stunden, von $17^h$ bis $6^h$, wo der Mond über dem Horizont steht, ein tiefer Barometerstand erzeugt; dagegen werde durch die zweite Fluth, bei welcher der Mond unter dem Horizont sich befindet, also seine Anziehungskraft keinen directen Einflufs auf die Lufttheilchen ausübt, nicht allein die Höhe der Luftsäule, sondern auch der Druck derselben vermehrt, und dadurch

der hohe Barometerstand von $7^h$ bis $17^h$ verursacht. Aber für den Frühling erhielt ich völlig das Entgegengesetzte. Das Barometer steht nämlich von $20^h$ bis $9^h$, während welcher Zeit der Mond über dem Horizont sich befindet, fortwährend über, und in den folgenden 12 Stunden stets unter dem Mittel, das Maximum fällt nahe zum oberen, das Minimum nahe zum unteren Meridiansdurchgang, und das Steigen und Fallen ist ebenfalls regelmäfsig. Aehnliche, jedoch weniger entgegengesetzte Verhältnisse, zeigten die mittleren Barometerstände der acht Mondphasen. Solche widersprechende Resultate, welche schon aus 5520 Beobachtungen für eine der vier Jahreszeiten, und aus 230 Beobachtungen für eine einzelne Stunde abgeleitet waren, und deren Gestalt dennoch durch wenige noch weiter in die Berechnung aufgenommene Jahre gröfstentheils verändert wurde, zeigen deutlich, wie grofs der Einflufs zufälliger Umstände ist, und dafs Beobachtungen, welche einen Zeitraum von fünf oder auch von zwanzig Jahren umfassen, noch lange nicht genügend sind, um den Einflufs des Mondes auf den Barometerstand mit Genauigkeit zu bestimmen.

Aus diesem Grunde halte ich es nicht für möglich, nach den von mir hier mitgetheilten, und noch weniger nach den auf einer viel kleineren Anzahl von Beobachtungen beruhenden Angaben von La Place und Bouvard über das Daseyn und die Gröfse einer atmosphärischen, aus den Schwankungen des Barometers erkennbaren Mondsfluth zu entscheiden. Nur fühle ich mich bewogen zu bemerken, dafs man die regelmäfsigen täglichen Schwankungen des Barometers nicht durch eine von der Sonne bewirkte atmosphärische Fluth erklären könne; weil nämlich diese aus Beobachtungen von wenigen Jahren sich schon deutlich ergeben, aber von einer vom Mond bewirkten atmosphärischen Fluth, welche wenigstens drei Mal gröfser als die der Sonne seyn müfste, nichts zu bemerken ist, so kann die Ursache, welche

jene täglichen Schwankungen erzeugt, nicht wohl in der Anziehungskraft der Sonne gesucht werden. Eben so erscheint mir der Einflufs des synodischen Umlaufs des Mondes auf den Barometerstand nunmehr sehr zweifelhaft; denn obwohl ein solcher auf den von Flaugergues, mir selbst und Anderen mitgetheilten Resultaten sich ergeben hat, so halte ich, nach meinen jetzigen Erfahrungen, die Anzahl der hierzu angewandten Beobachtungen für allzu klein, um daraus ein Naturgesetz mit einiger Wahrscheinlichkeit abzuleiten. Meiner Ansicht nach sind zur genauen Bestimmung des Mondseinflusses überhaupt solche Beobachtungen erforderlich, welche innerhalb eines Zeitraums liegen, an dessen Anfang und Ende die Mondsphasen wieder auf dieselben Tage fallen; kann man aber keine so lange Reihe von Beobachtungen bekommen, so mufs wenigstens bestimmt werden, wie grofs der Einflufs der noch fehlenden Jahre seyn kann, indem die Resultate nicht allein aus der ganzen Anzahl der vorhandenen Jahre, sondern auch aus einer kleineren Anzahl derselben aufgesucht werden, welcher letzteren noch so viele Jahre fehlen, als nach dem ganzen Zeitraum verfliefsen müfsten, um die nämlichen Verhältnisse in den Mondsstunden annähernd herbeizuführen. Ferner sind, um die mittleren Barometerstände der Mondsstunden, und dadurch die atmosphärische Mondsfluth zu bestimmen, solche Beobachtungen erforderlich, welche acht Mal täglich, und zwar alle drei Stunden angestellt sind, indem nur alsdann sämmtliche Mondsstunden in jeder der acht Phasen vorkommen, und somit der Einflufs der letzteren wegfällt oder wenigstens unbedeutend wird. Man kann jedoch unter der Voraussetzung, dafs in 24 Stunden sowohl Fluth als Ebbe zwei Mal in gleichen Zeitabschnitten eintreten, mit solchen Beobachtungen ausreichen, welche vier Mal täglich, und zwar am besten Morgens $9^h$, Mittags $12^h$, Abends $3^h$ und Abends $6^h$ angestellt sind; da nämlich eine Culmination des Mon-

des bei den Syzygien auf $12^h$, bei den Quadraturen auf $6^h$ Abends, bei den den Syzygien vorangehenden Octanten auf $9^h$ Morgens und bei den denselben nachfolgenden Octanten auf $3^h$ Abends fällt, so können, wenn immer drei Tage auf eine Phase gerechnet werden, durch Vereinigung der Beobachtungen von einem halben zu einem halben Monat die mittleren Barometerstände der zwischen zwei Culminationen liegenden zwölf Stunden für sämmtliche Phasen aufgefunden werden.

Obgleich nun meine Bemühungen zu keiner Entscheidung über das Daseyn und die Gröfse der atmosphärischen Mondsfluth geführt haben, so werden sie dennoch für die Wissenschaft von Nutzen seyn, weil die Unzuverlässigkeit der bisherigen Erfahrungen dadurch gezeigt, und vielleicht mancher Beobachter veranlafst wird, das Barometer während einer längeren Reihe von Jahren an solchen Stunden zu beobachten, wodurch es in der Folge möglich werden könnte, eine Entscheidung über dieses Problem, von dessen glücklicher Lösung die Witterungskunde ihre wichtigsten Aufschlüsse zu erwarten hat, herbeizuführen.

## II. *Ueber das Klima von Peking;* *von Dr. Wilh. Mahlmann.*

Wenn man die geschichtliche Entwicklung unserer klimatischen Kenntnifs von Asien aufmerksam verfolgt, so gelangt man zu dem höchst sonderbaren Resultat, dafs wir die *ersten* genaueren Aufschlüsse über die Klimatologie dieses Erdtheils von einer Gegend her erhalten haben, welche noch gegenwärtig zu den unbekanntesten Regionen der alten Welt gehört. Schliefsen wir nämlich die Witterungsbeobachtungen v. Cossigny's zu Pondichéry in den Jahren 1736 bis 1739, wo Instrumente und Methoden noch mangelhafter waren, und Russel's zu Aleppo 1751 und 1752, die noch weit weniger wissenschaftlichen Werth als jene besitzen, aus; so finden wir, dafs die *ältesten* Vertrauen erweckenden Observationen meteorologischer Instrumente auf dem asiatischen Continent weder in Indien noch in Sibirien, sondern in China, zu *Peking*, angestellt worden sind. Merkwürdiger Weise sind die ihnen geschichtlich sich anreihenden Beobachtungen ebenfalls nahe an der *Ostküste* gemacht, indem der berühmte Botaniker Thunberg zu *Nangasaki* auf der japanischen Insel Kiusiu in den Jahren 1775, 1776 und 1779 die Temperatur aufzeichnete. *Dann* erst traten, nämlich zur Zeit der Manheimer Gesellschaft und wahrscheinlich in Folge von deren Vereinigung, *Calcutta* im Jahre 1784 und *Canton* 1785 in die Reihe der Stationen, obschon nur ganz vorübergehend.

Die erwähnten Beobachtungen zu *Peking* wurden von dem Jesuiten P. Amiot mit wenigen Unterbrechungen vom 1. Januar 1757 bis 31. December 1762 fortgesetzt [1]). Sie wurden glücklicher Weise, von Messier

1) Schon früher, namentlich im Jahre 1743, waren daselbst vom P.

zum Druck geordnet, im J. 1774 zu Paris (*Mém. de Math. et de Phys., présentés à l'Acad. des Sciences par divers Savans, T. VI p.* 519 bis 601) *vollständig* publicirt, und Messier fügte ihnen Tafeln über die monatlichen Media und Extreme des Barometerstandes in jedem Jahre, über die monatlichen Extreme der Wärme und den vorherrschenden Wind bei. Später erschienen vom P. Cotte Berechnungen desselben Journals, wobei er aber nur die Durchschnittswerthe für die sechs Jahre zusammen, namentlich die monatlichen Mittel der Temperatur ergänzt (s. dessen *Traité de Météorologie, Paris* 1774, *App. p.* 609, und *Mém. sur la Météor., Paris* 1788, *T. II p.* 494 bis 498). — Da *alle* neuerlich die Temperaturverhältnisse der Ostküsten der alten Welt berührenden Schriften die von dem unermüdlichen Sammler Cotte berechneten Zahlen ihren Resultaten bei der Vergleichung der Ost- und Westküsten zu Grunde legten, so glaubte ich, mit Fug und Recht bei meinen Untersuchungen über die mittlere Vertheilung auf der Erdoberfläche (Dove's Repertorium der Physik, IV) dasselbe thun zu dürfen, wiewohl mir ein Paar Monate etwas anomal erschienen. Ich hatte mir indessen eine nähere Prüfung vorbehalten, sobald die neuen russischen Missionsbeobachtungen, welche sich an das grofse Stationennetz im russischen Reiche anschliefsen, in's Werk gesetzt worden, um zugleich einen sicherern Maafsstab für die ältere Reihe in Betreff des Instruments und seiner Lage zu erhalten. Die Ergebnisse dieser russischen Observationen sind nun kürzlich (für das Jahr 1841) erschienen, und ich habe seitdem das Amiot'sche Journal nochmals berechnet. Daraus ergab sich, dafs Cotte's Media der Wärme nur zum kleinsten Theil richtig

Gaubil Temperaturbeobachtungen angestellt worden, über deren Ergebnifs uns jedoch nur eine kurze Notiz bekannt ist, deren vollständige Publication aber, falls das Journal nicht verloren gegangen, wohl zu wünschen wäre.

sind, und dafs sogar in einem Monate (Juni) der Fehler bis über 2° C. steigt. Es dürfte daher wohl auch jetzt noch angemessen erscheinen, die vollständigen Ergebnisse meiner Rechnungen hier zusammenzustellen. — Ferner wurden im gegenwärtigen Jahrhundert zwei Mal Beobachtungen angestellt: 1) vom Decemb. 1830 bis Juni 1831 (leider nach *altem* Styl berechnet), vom Hrn. G. v. Fufs (*Mém. de l'Acad. de St. Pétersb.*, 6. *Série, Scienc. math. et phys.*, *T. I* (*St. Pét.* 1838) *p.* 112 bis 117), bei Gelegenheit der alle 10 bis 11 Jahre wiederkehrenden Missionen und im Dienste der Kais. Academie der Wissenschaften; und 2) vom 1. Januar bis 31. December 1841 (*neuen* Styls) von Hrn. Gaschkewitsch, einem Mitgliede der neuen kirchlichen Mission, welche mit *verglichenen* meteorol. und magnet. Instrumenten ausgerüstet war; jedoch observirte er nicht wie an den in den *Annuaires météor. etc.* früher publicirten Stationen von $8^h$, sondern von $5^h$ Morgens zweistündlich bis $9^h$ Abends. Wir benutzen hier einige von den Resultaten dieses Jahrganges, welche Hr. Kupffer im neuen *Bulletin physico-math. de l'Acad. de St. Pétersb.* (1843), *T. I p.* 174 bis 178, für das Thermometer, Barometer und den Druck der Dämpfe so eben veröffentlicht hat.

Wir wenden uns nun zu einer näheren Betrachtung der Beobachtungen im vorigen Jahrhundert. Amiot stellte seine Beobachtungen am *Thermometer* wie am Barometer täglich *zwei Mal* an, nämlich: 1) *Morgens* zu einer nicht angegebenen Stunde. Wenn auch Messier nicht sagte, dafs er Grund habe anzunehmen, Amiot hätte, *wie* P. Gaubil *vor ihm*, um Sonnenaufgang observirt, so wird diefs doch schon deshalb wahrscheinlich, weil die zweite Beobachtung stets zu *einer und derselben* Stunde angestellt worden, und die folgenden Tafeln über die mittlere Gröfse der täglichen Variation heben jeden Zweifel darüber bei Vergleichung mit den correspondirenden Stunden der neueren Beobachtun-

gen [1]); — 2) Abends um $3^h$, was ebenfalls genau die vom P. Gaubil gewählte Stunde ist. Diese Wahl der Beobachtungszeiten, bei der man wohl auf die Vermuthung kommen kann, dafs sie aus einer Bekanntschaft mit den Zeiten der täglichen Extreme hervorgegangen, dürfen wir eine sehr glückliche nennen, da diese Stände des Thermometers nahe *wahre* Media liefern und die daraus entspringenden Fehler nicht so grofs sind, als dafs man nicht, nach der damaligen Beschaffenheit der Thermometer, eine Reduction auf wahre Media für überflüssig halten möchte.

Die *Lage* des Instruments war im *Schatten* gegen Norden, wie aus zerstreuten Bemerkungen in der letzten Rubrik des Journals *bestimmt* hervorgeht, und auch hierin stimmt P. Amiot mit seinem Vorgänger (1743) überein. Der von uns (früher (Repert. d. Phys., IV, S. 96) erhobene Zweifel wegen directen Einflusses der Sonne, namentlich in der wärmeren Jahreszeit, erscheint hiernach nicht gerechtfertigt.

Am Schwierigsten aber ist die Entscheidung über die *Skale* des Instruments selbst. Vergeblich haben wir in allen Schriften, welche vielleicht Aufschlufs darüber geben konnten, nachgesucht. De Luc, van Swinden, Cotte u. A. führen nichts Näheres an. Cotte sagt zwar im II. Bande seiner *Mémoires sur la Météorolog.*, dafs er die Beobachtungen v. Réaumur's (zu Paris u. s. w.) und seiner Correspondenten auf die 80theilige Skale des Quecksilberthermometers (»*retabli dans son intégrité par* M. de Luc«) des berühmten Academikers reducirt habe; aber seine Berechnung der Pekinger Beobachtungen thut dar, dafs er hierin *keine* Aenderung vorgenommen, und diefs giebt der Vermuthung Raum, dafs dieselben nicht mit dem fehlerhaften Réaum. Weingeist-, sondern mit einem Quecksilber-Thermometer angestellt worden, wovon Cotte vielleicht genauere Kennt-

1) Auch wird im Journal selbst öfter ausdrücklich von der Witterung zur Zeit des Sonnenaufganges und zuweilen vorher gesprochen.

nifs besitzen konnte. In Messier's Bericht an die Academie wird gesagt: »*Le* P. Amiot *écrit, que le thermomètre était gradué suivant le thermomètre à liqueur de Mr.* de Réaumur, *c'est-à-dire que du terme de la congélation* (!) *à celui de l'eau bouillante, il y a* 80 *degrés ou divisions.*« Hieraus geht also keineswegs mit Sicherheit hervor, ob Amiot's Thermometer selbst mit Weingeist gefüllt gewesen. Für die Annahme eines Quecksilberthermometers könnte sprechen: 1) dafs die Anwendung des Quecksilbers weit älter ist, als die Pekinger Beobachtungen, denn Fahrenheit (um 1720), Richter (1729), de l'Isle (1732), Maupertuis (1736), Celsius (1742), Christin zu Lyon (1743), Nollet (ein Schüler Réaumur's), Brisson, d'Arquier u. A. hatten sich schon der Quecksilberthermometer bedient; — 2) dafs Réaumur schon im J. 1739 zahlreiche Versuche (später auch Michely du Crest) über die ungleiche Ausdehnung von Weingeist und Quecksilber angestellt hatte; — 3) dafs, wie Cotte bemerkt (*Traité, p.* 117), Réaumur's Weingeistthermometer schwer zu transportiren waren, weshalb man sich für ferne Gegenden öfter des Quecksilbers bediente; — 4) dafs de Luc's genauere Untersuchungen über die Vergleichung von Weingeist- und Quecksilberthermometern, welche in die J. 1762 bis 1772 fallen (die erste Ausgabe seiner *Recherches* erschien 1772 zu Genf), doch wohl Messier, der selbst vom Jahr 1762 an zu Paris observirte, bekannt seyn mufsten, als er in dem 1774 erschienenen VI. Bande der *Mémoires des Savans étrangers* Amiot's Beobachtungsjournal publicirte, und dafs Messier nichts destoweniger keinen Zweifel über die Genauigkeit des Instruments erhebt, sondern im Gegentheil diesen Observationen ein besonderes Vertrauen schenkt (*l. c. p.* 531). Diefs sind die Gründe, welche es für *möglich* halten lassen, dafs Amiot's Instrument mit Quecksilber construirt war (s. u.).

Die Ablesungen des Thermometers gehen meist nur

bis auf ganze Grade; doch kommen häufig auch halbe, Viertel- und zuweilen Drittel-Grade im Journal vor; es dürften also die Grade der Skale eben wohl nicht groß gewesen seyn. Uebrigens erstrecken sich Amiot's Beobachtungen auch auf Wind, Himmelsansicht, Regentage, Schneemenge u. dergl., über deren Resultate wir hier am Schlufs eine kurze Andeutung geben werden. Wir lassen nun die Ergebnisse unserer Berechnungen für die Temperatur in fünf Tafeln folgen, worin die beiden Beobachtungsreihen im gegenwärtigen Jahrhundert zur besseren Uebersicht mit aufgenommen worden sind.

[Siehe die beifolgenden Tafeln I, II, III, IV und V.]

Zum näheren Verständnifs dieser Tafeln sind nur wenige Bemerkungen erforderlich:

No. I. Für das J. 1841 ist das *Mittel* das der absoluten täglichen Minima, am Registerthermometer gemessen, weil diefs die der Temperatur bei Sonnenaufgang zunächst kommende Luftwärme angiebt; die Nachmittagsstunde, welche nicht weit vom Maximum absteht, ist in beiden Reihen dieselbe. Fufs' Beobachtungsstunden fallen nicht auf diese Zeiten; indefs ist auch auf diese in

No. II Rücksicht genommen, indem aus den Beobachtungen vom J. 1841 ungefähr die Gröfse der monatlichen mittleren Minima und Maxima abgeleitet, und daraus der *mittlere tägliche Spielraum* des Thermometers, welcher sich wegen der Stunden nicht beträchtlich vom wahren entfernen kann, berechnet ist. Da Fufs' Beobachtungen nach *altem* Styl abgetheilt sind, so können die Gröfsen nur zu einer angenäherten Vergleichung dienen, was auch für die anderen Tafeln, in die sie eingeschaltet sind, gilt.

No. III enthält die Media aus den in No. I getrennt aufgeführten Stunden. Aus Fufs' 4täglichen Beob-

| Monat. | 62. | | 5- oder 6-jähr. Durchschnitt: 1757 bis 1762. | | 1841. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Morg. | 3h Abends. | Morg. | 3h Ab. | Tägl.Min. | 3h Ab. |
| Januar | — | — 2,93 | — 5,81 | — 0,15 | — 8,05 | — 1,87 |
| Februar | — 7,3 | 0,93 * | — 5,30 | 0,50 | — 6,13 | 1,35 |
| März | 0,1 | 5,25 | 0,55 | 8,00 | — 0,49 | 4,17 |
| April | 6,7 | 14,05 * | 6,92 | 15,33 | 6,24 | 14,95 |
| Mai | 14,1 | 18,81 | 12,44 | 22,83 | 11,37 | 19,89 |
| Juni | 16,7 | 24,07 | 17,33 | 26,09 | 14,41 | 20,19 |
| Juli | 20,2 | 23,24 | 18,71 | 25,39 | 17,07 | 22,87 |
| August | 18,9 | 23,82 | 18,45 | 25,04 | 16,13 | 21,13 |
| Septemb. | 12,2 | 20,04 | 13,07 | 19,95 | 11,79 | 18,47 |
| October | 4,7 | 13,90 | 7,23 | 13,71 | 6,59 | 13,14 |
| Novemb. | 0,3 | 5,42 * | 0,27 | 5,95 | 0,27 | 5,97 |
| Decemb. | — 5,8 | 0,27 | — 4,30 | 0,88 | — 5,54 | — 0,58 |
| Jahr | — | 12,24 | 6,63 | 13,63 | 5,31 | 11,64 |

* 1757: Die 23 und 25 Tage). Die letzten Tage im August fehlen, ell., 15. bis 28. (25 Tage); im August vom 1. bis 5., 10. bbachtungen im Februar vom 1. bis 24., 27. (24 und 25 'servirt).

## nperatur.

| 1841. | 5 bis 6 Jahre: 1757 bis 1762; corrig. |
|---|---|
| 6,18 | 6,1 |
| 7,48 | 6,3 |
| 4,66 | 8,8 |
| 8,71 | 8,5 |
| 8,52 | 9,6 |
| 5,78 | 7,9 |
| 5,80 | 6,0 |
| 5,00 | 5,9 |
| 6,68 | 6,5 |
| 6,55 | 6,6 |
| 5.70 | 5,6 |
| 4,96 | 5,6 |
| 6,33 | 7,0 |

## ittel der Temperatur.

er.

| 1762. | 5 bis 6 Jahre: 1757 bis 1762. | 1830 und 1831 *alt. St.* | 1841. | 5 bis 6 Jahre: 1757 bis 1762; corrigirt. |
|---|---|---|---|---|
| - 5,30 | — 2,98 | — 1,78 | — 4,96 | — 4,0 |
| - 1,74 | — 2,40 | 0,72 | — 2,39 | — 3,3 |
| 2,23 | 4,27 | 6,28 | 1,84 | 2,9 |
| 10,64 | 11,12 | (10,87) | 10,59 | 10,4 |
| 15,56 | 17,63 | 18,28 | 15,63 | 16,7 |
| 20,48 | 21,71 | 20,25 | 17,30 | 20,5 |
| 20,62 | 22,05 | — | 19,97 | 20,8 |
| 20,49 | 21,74 | — | 18,63 | 20,5 |
| 16,98 | 16,51 | — | 15,13 | 15,7 |
| 11,21 | 10,47 | — | 9,86 | 9,8 |
| 3,17 | 3,11 | — | 3,12 | 2,4 |
| - 1,98 | — 1,71 | — 1,36 | — 3,06 | — 2,7 |
| 9,36 | 10,13 | — | 8,47 | 9,1 |
| - 2,68 | — 2,36 †) | — 0,81 | — 3,47 | — 3,3 †) |
| 9,48 | 11,01 | 11,8 | 9,35 | 10,0 |
| 20,53 | 21,83 | — | 18,63 | 20,6 |
| 10,45 | 10,03 | — | 9,37 | 9,3 |

December stets mit dem Januar und Februar des *folgenden* Jahres zum Mittel

- 2°,10, uncorrigirt.

| Monat. | | 5- bis 6-jährig. Durchschnitt: 1757—1762. | | 1830 und 1831 *alt. Styl.* | | 1841. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Min | Min. | Max. | Min. | Max. | Min. | Max. |
| Januar | (−12, | −10,6 | 6,2 | −10,7 | 8,4 | −14,5 | 2,3 |
| Februar | −11, | −10,0 | 5,7 | − 5,1 | 8,4 | −13,5 | 7,2 |
| März | − 6, | − 4,6 | 15,0 | − 0,9 | 13,2 | − 4,2 | 11,2 |
| April | 0, | 1,2 | 21,7 | (6,9) | (18,3) | 2,3 | 20,4 |
| Mai | 8, | 7,2 | 27,8 | 11,6 | 26,0 | 5,2 | 25,9 |
| Juni | 14, | 13,6 | 30,9 | 14,7 | 31,4 | 11,6 | 24,6 |
| Juli | 16, | 15,2 | 29,5 | — | — | 14,8 | 26,1 |
| August | 15, | 14,5 | 28,9 | — | — | 13,7 | 24,1 |
| Septbr. | 6, | 7,7 | 24,7 | — | — | 9,0 | 21,1 |
| October | − 1, | 1,3 | 19,1 | — | — | − 0,3 | 19,6 |
| Novemb. | − 5, | − 5,7 | 11,5 | — | — | − 7,5 | 12,2 |
| Decemb. | −10, | − 9,0 | 6,8 | − 7,8 | 6,8 | − 9,3 | 26,1 |
| Jahr | −12, | −11,2 | 31,2 | −10,7 | (31,4) | −14,5 | 2,61 |

Die jährlichen Extreme traten ein den { 19. J
8^h M

Die gröſsten [illegible]en anderthalb Jahren der Beobachtungen *dieses* Jahrhunderts: —14

## ler Temperatur.

r.

| 762. | Mittel der 5 bis 6 Jahre: 1757 bis 1762. | 1830 bis 1831 *alten Styls.* | 1841. | 5 bis 6 Jahre: 1757 bis 1762; corrigirt. |
|---|---|---|---|---|
| 6,5 | 16,8 | 19,1 | 16,8 | 17,8 |
| 5,0 | 15,7 | 13,5 | 20,7 | 16,6 |
| 9,8 | 19,6 | 14,1 | 15,4 | 20,1 |
| 8,0 | 20,5 | (11,4) | 18,1 | 20,9 |
| 5,0 | 20,6 | 14,4 | 20,7 | 20,0 |
| 5,0 | 17,3 | 16,7 | 13,0 | 15,5 |
| 1,5 | 14,3 | — | 11,3 | 12,8 |
| 2,2 | 14,4 | — | 10,4 | 13,0 |
| 5,75 | 17,0 | — | 12,1 | 16,2 |
| 8,0 | 17,8 | — | 19,9 | 17,7 |
| 1,0) | 17,2 | — | 19,7 | 17,9 |
| 5,5 | 15,8 | 14,6 | 13,9 | 16,6 |
| 0,5 | 42,4 | (42,1) | 40,6 | 40,8 |

chen dem abs. Max. und Min. dieser Reihe) betrug 47°,0, cor-

achtungen an einem Thermometer mit corrigirter Skale sind *wahre* Mittel abgeleitet.

No. IV und V endlich enthalten resp. die monatlichen Extreme und die sich daraus ergebende Gröfse der vorkommenden monatlichen Variation der Wärme. Wegen der Beobachtungsstunden sind die Zahlen nahebei als absolute Werthe zu betrachten. Unter der Voraussetzung, dafs die Amiot'schen Observationen an einem Weingeistthermometer angestellt worden, erleiden diese seinem Journal entnommenen Gröfsen und monatlichen Differenzen in den einzelnen Jahren noch eine Aenderung, welche indefs leicht aus v. Swinden's Tafeln für die Reduction Réaumur'scher Weingeistthermometer auf Quecksilbergrade vorgenommen werden kann, und wegen Raumersparnifs hier nicht mit aufgeführt ist.

Die Uebereinstimmung zwischen den älteren und neueren Observationen zu Peking, welche ich im Folgenden bei der Vergleichung der Resultate darlegen werde, erscheint in den meisten Zahlen schon befriedigend, wenn man annimmt, dafs der P. Amiot sich eines Quecksilberthermometers bedient habe; aber die Ungewifsheit darüber veranlafste mich doch, die monatlichen Mittel der beiden Beobachtungsstunden und die Extreme wenigstens nach der schönen Tafel van Swinden's zur Vergleichung der verschiedenen Skalen im vorigen Jahrhundert (in *Dissert. sur la comparaison des thermomètres, Amsterdam* 1778) unter der Voraussetzung zu corrigiren, dafs ein Réaumur'sches Weingeistthermometer im Gebrauch gewesen. Die daraus für die Media hervorgehenden Werthe sind zwar nur annähernde; aber eine besondere Rechnung gab uns die Ueberzeugung, dafs diese Correctionsmethode genüge. Die so erhaltenen Zahlen sind in den Taf. II, III und V in die *letzte* Rubrik (»5—6 J., 1757—1762, corrigirt«) gestellt, und da dieselben sich im Allgemeinen den neueren Beobachtungen

noch *besser* anschliefsen, als die uncorrigirten, so glaube ich, trotz der oben vorgebrachten Gründe, dafs das Instrument ein mit *Weingeist* gefülltes gewesen! Wir haben diesem bisher *nicht* beachteten Punkte über die Beschaffenheit des Instruments eine specielle Aufmerksamkeit geschenkt, und Alles, was sich uns zur Entscheidung darbot, erörtert, weil er für die Brauchbarkeit jener älteren Observationen offenbar eine *Lebensfrage* darstellt. Jedenfalls hat der Schlufs aus der Vergleichung mit den neueren ein gröfseres Gewicht für sich, als die oben (S. 217) erwähnten Argumente.

Die Resultate der älteren Temperaturbeobachtungen in Vergleich zu den neueren sind kurz folgende: Das mittlere (corr.) Minimum fällt in den meisten Monaten des Jahres 1841 geringer aus, als im Durchschnitt der sechs Jahre 1757 bis 1762 (Taf. I), was schon durch Beobachtung der *absoluten* täglichen Minima im J. 1841 erklärlich erscheinen dürfte; jedoch liegt in den einzelnen Jahren der älteren Reihe das mittlere Minimum bald höher, bald tiefer. Die Beobachtung um $3^h$ Nachm. stellt sich im J. 1841 fast in allen Monaten, aufser Februar und November, und besonders im März, *Juni* und August beträchtlich niedriger heraus; nur im *April* und *October* stimmen beide Mittel bis auf kleine Bruchtheile eines Grades unter einander überein. Auch bei dieser Stunde schwankt das Mittel der einzelnen Jahre der Amiot'schen Beobachtungen bald über, bald unter das des J. 1841. — Es scheint ferner keinem Zweifel unterworfen, dafs das Jahr 1841 in Nord-China ein *kaltes* gewesen seyn mufs (s. Taf. III), und diefs dürfte die vorher aus Taf. I abgeleiteten Ergebnisse genügend erklären; denn mit Rücksicht auf die Eintheilung des J. $183\frac{0}{1}$ nach *altem Styl* schliefsen sich doch die sieben Monate der Fufs'schen Beobachtungen den älteren weit näher an, als denen von Gaschkewitsch; und dafs jene Behauptung in Betreff der Wärme des J. 1841 nicht übertrie-

ben ist, geht vielleicht auch daraus hervor, dafs die mittlere Wintertemperatur 183$\frac{0}{1}$ ( $-0^{\circ},8$ R.) von Fufs *ausdrücklich* »ein *Maximum* der mittleren Winterkälte« genannt wird, weil ihm der Winter *zu Peking selbst* als ein verhältnifsmäfsig kalter (?) bezeichnet worden [1]). Derselbe meint, dafs die mittlere Sommerwärme nur weniges unter 24° R. betragen würde, was sehr wahrscheinlich viel zu hoch ist, da die älteren Beobachtungen wenigstens ganz augenfällig darthun, wie constant dort die mittlere Wärme der drei Sommermonate (Juni, Juli und August) ist. Hiernach ergiebt sich nämlich aus seinen Observationen 1831, dafs in diesem Jahre die mittlere Sommerwärme schwerlich 21° R. überstiegen, was nahe genug mit den älteren Beobachtungen, namentlich den corrigirten Mitteln der letzten Spalte Taf. III, im 6jährigen Durchschnitt zusammenstimmt. Aber daraus folgt zugleich, dafs das J. 1841 nicht blofs durch einen kalten Winter ausgezeichnet gewesen ist, sondern dafs auch der Frühling und der *Sommer* vor Allem ungewöhnlich niedrige Temperatur besessen haben; der Herbst 1841 schliefst sich dagegen den älteren Beobachtungen weit inniger an, was eben nichts Ueberraschendes hat. Das Verhalten der monatlichen Extreme (Taf. IV) stimmt mit diesen Resultaten für die Media überein, und bestätigt dieselben zugleich.

Auch die monatlichen Mittel des täglichen und monatlichen Spielraums des Thermometers treffen mit den obigen Ergebnissen zusammen (Taf. II und V), und wenn einzelne Monate, wie der März (Taf. II) und die kälteren Monate des J. 1841 (Taf. V) überhaupt beträchtliche Abweichungen zeigen, so bedarf es zur Erklärung nur einer Vergleichung mit der Gröfse der mittleren täg-

1) Ging es aber Hrn. v. Fufs etwa nicht eben so, wie fast allen Reisenden? Der Eindruck eines Minimum von $-13^{\circ},4$ C. und eines Winters von $-1^{\circ}$ ungefähr unter 40° Breite, also etwa wie zu Danzig, konnte leicht zu einem solchen Urtheil führen.

lichen Oscillation an anderen Orten, welche das etwas überraschende Resultat giebt, dafs diese Gröfse in einerlei Monaten verschiedener Jahre weit bedeutender variirt, als man *a priori* anzunehmen geneigt seyn möchte. Eine umfassende und mühsame Untersuchung, welche ich über diese Veränderlichkeit, die offenbar eine Folge der verschiedenen Himmelsansicht und aller auf die nicht-periodische Temperaturvertheilung auf der Erdoberfläche einwirkenden Elemente ist, vor längerer Zeit angestellt, aber nicht speciell veröffentlicht habe, um die Methode, aus der Gröfse der täglichen Oscillation wahre Media abzuleiten (s. Dove's Repert. der Physik, IV), einer sorgfältigeren Prüfung zu unterwerfen, liefert den entschiedensten Beweis für jenen Satz, und spricht somit zu Gunsten der Brauchbarkeit der älteren Beobachtungen.

Combinirt man nun die älteren (corrig.) Mittel mit den neuesten Beobachtungen behufs einer vorläufigen Annäherung, so erhält man im 6- bis 7jährigen Durchschnitt nach der *hunderttheiligen* Skale für

| | Jahr. | Winter. | Frühling | Sommer. | Herbst. | Kältester Monat. | Wärmst. Monat. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Peking (in 39° 54′ n. Br.) . . . . . . | 11,3 | —4,2 | 12,4 | 25,4 | 11,6 | — 5,2 (Jan.) | 25,9 (Juli.) |
| während Cotte's Rechnungen [1]) ergeben | 12,7 | —3,2 | 13,5 | 28,1 | 12,4 | — 4,1 (Jan.) | 29,1 (Juni) |

Peking hat also in Betreff der mittleren Temperatur einen Winter wie das Nordcap (Skandin.) und Utica (N. York); sein kältester Monat kommt dem von Upsala gleich. Der Sommer ist so warm wie Siciliens am Fufse des Aetna und wie Oahu's (Sandwichs-Inseln), und den wärmsten Monat finden wir im Süden der Vereinigten Staaten zu Natchez wieder. Ferner beträgt die Differenz der

1) Vergl. Dove's Repert., IV, S. 95, und mein *Tabl. III, Distribution de la chaleur sur le globe etc.* in v. Humboldt's *Asie Centrale, T. III.*

Winter- und Sommertemperatur 29°,6 oder 1°,7 weniger, die des kältesten und wärmsten Monats 31°,1 oder 2°,1 C. weniger, als man früher nach Cotte angab. — Wenn wir diese Ergebnisse mit den Beobachtungen nahe der Westküste der alten Welt in *gleicher Breite*, nämlich mit Italien vergleichen, so finden wir, dafs hier die Jahreswärme über 5° C. höher ist, dafs Winter und Herbst 6°, Frühling gegen 3° wärmer, der Sommer aber *nur* 1½ kälter ist, als zu Peking, dafs somit das continentale Klima sich in weit geringerem Grade bei der Sommertemperatur ausspricht, als in den kälteren Jahreszeiten. Noch schlagender tritt diefs hervor, wenn wir sehen, wie der kälteste Monat zu Peking 15° kälter und der wärmste kaum 1½° C. wärmer ist, als im südlichen Italien; ein Verhältnifs, was bei Cotte's Rechnung, wonach der *Juni* anomal am wärmsten seyn sollte, mehr versteckt bleiben mufste, was aber mit der geographischen Lage trefflich übereinstimmt. Excessiv ist also das Klima Nord-China's noch in hohem Grade; denn Nord-China wird in den kälteren Monaten in das Gebiet der Temperaturdepression, welcher in höheren Breiten alle Continentalflächen (auch nahe den Westküsten der Oceane) unterworfen sind, hineingezogen; aber im Sommer bringt der vorherrschende Süd- und Südost-Wind, wie auch wohl die Nähe der Gebirge (In-schan und Thaibanschan) bei Landwinden eine Mäfsigung der Hitze continentaler Lüfte hervor, und sonach scheint Peking *zwei Klimate zu vereinigen*, die *temporär* mit einander abwechseln, nämlich das excessiv-continentale und das gemäfsigt pelagische der Ostküsten grofser Continente. Wie weit sich aber die Kälte Nord- und Central-Asiens nach Süden und bis zum stillen Ocean hin zu erstrecken vermag, das erfahren wir recht auffallend an der Insel Tschusan (30½° n. Br.), deren Wintertemperatur 184½ nur 5¾° C. betrug, während Ambala im oberen Gangesbecken bei 170 Toisen über dem Meere 13°,2 (11¾° C.

selbst im *kältesten Monat*), Kairo 14°,7 C. Winterwärme besitzt, und selbst die Binnenländer nördlich vom mexikanischen Golf einen um 6° milderen Winter haben. Und doch sagt Fufs, dafs die klimatische Beschaffenheit des Gestadelandes Pe-tscheli in einem so contrastirenden Charakter gegen die des benachbarten Hochlandes steht, dafs sich auf der 100 bis 200 Werst breiten Terrassen-Landschaft ein Klima-Uebergang von völligen *zehn* Breitengraden offenbart (a. a. O. S. 117).

Es liegt nahe, zwischen den Ostküsten der beiden grofsen Continentalmassen, welche manche beträchtliche Abweichungen in klimatischer Beziehung zeigen, eine Vergleichung anzustellen. Die *Jahres-Isotherme* von 11° C., welche durch die Südspitze der Krym, an Wien und London vorüberläuft, schneidet an beiden Ostküsten nahe denselben Parallelkreis; aber die geringere Ausdehnung des Festlandes im Vergleich mit der umgebenden Fläche der Oceane und seine Configuration verleiht Nord-Amerika's Ostküste einen (4° C.) wärmeren Winter, einen kühleren Frühling, einen (2½°) kälteren Sommer und einen wenig wärmeren Herbst, und eben so verhält es sich mit dem kältesten und wärmsten Monat. Diese Verhältnisse lehren augenscheinlich, wie eine Milderung des Klimas der Ostküsten, eine Abstumpfung der Extreme wieder von der Gröfse und Form des Festlandes bedingt wird. Dringen wir in den Vereinigten Staaten von der Küste westwärts in das Innere ein, so finden wir, dafs sich die Unterschiede der Jahreszeiten gegen Peking unter einerlei Breite nicht wesentlich verändern, aufser im Frühling und Herbst, wo die andauernde Kälte oder Wärme der Wasser des atlantischen Oceans in den respective vorhergegangenen Jahreszeiten ihren Einflufs auf die Luft über dem Binnenlande nicht merklich äufsern kann; daher stimmen diese Jahreszeiten fast genau mit den gleichnamigen zu Peking überein.

Höchst interessant ist ferner auch eine Vergleichung mit

mit einem Orte im westlichen Asien, der nahe *gleichen Abstand vom Centrum* der asiatischen Continentalfläche besitzt (nach Hrn. v. Humboldt: 85° östl. L. Par. und 44½° Br.). Zu Bokhara, wo Chanykow im Winter 1841 — 1842 beobachtete, und welches in fast gleicher Breite (39° 43′ n.), aber 140ᵗ höher liegt als Peking, hatte nämlich der December 1841: 1°,2, Januar 1842: —4°,2 und Februar: —0°,1 C. (der Winter also —1°,1 C.); demnach war der December hier in *demselben* Jahre (annähernd auf den Meeresspiegel reducirt) über 6° C. *wärmer* als zu Peking, so nahe dem Gestade des Stillen Oceans!

Die *Extreme der Temperatur* zu Peking, welche merkwürdiger Weise in den älteren und neueren Beobachtungen bis auf ⅕° mit einander übereinstimmen, und welche eine so enorme Oscillation der Wärme (57°,4 C.) unter 40° Br. ergeben, sind noch nicht einmal als die absoluten für diesen Ort anzusehen. Nach einem Briefe des P. Gaubil (vom 26. Oct. 1750) herrschte daselbst vor hundert Jahren, im Juli 1743, eine so aufserordentliche Hitze, dafs sich die ältesten Menschen einer solchen Wärme nicht zu erinnern vermochten. Sie raffte Tausende von Menschen hin, — (blofs in Peking und den Vorstädten starben vom 14. bis 25. Juli 11400 Leute aus der ärmeren Volksklasse; die grofse Zahl von Vornehmeren wird nicht näher angegeben;) — und der Kaiser befahl, zur Linderung auf den Hauptstrafsen und an den Thoren der Stadt Eis und grofse Almosen *gratis* an das Volk auszutheilen. Glücklicher Weise besitzen wir auch von dieser Zeit Beobachtungen der Jesuitenväter, welche an einem Hubin'schen, in Paris mit einem Réaumur'schen Weingeistthermometer verglichenen Instrumente im *Schatten* angestellt wurden. Daraus ergiebt sich, dafs die Wärme Nachm. 3 Uhr am 20. und 21. Juli auf 30½°, am 22. und 23. Juli auf 31°,2, am 24. 31°,6 und am 25. sogar auf 32°,5 (auf das 80-theil.

Quecksilberthermometer reducirt) stieg, worauf ein Regen mit NO.-Wind die Temperatur deprimirte. Doch erreichte die Hitze noch am 9. August desselben Jahres eine Höhe von 27°,8 R. Da nun die *corrigirten* Angaben Amiot's als Maxima in den 6 Jahren ergeben:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| im Juli | 27,8 | 27,0 | 28,7 | 28,7 | 27,4 | 24,8 R. |
| im Jahre überhaupt resp. | 29,1 | 27,8 | 30,3 | 31,6 | 27,8 | 26,1 |

so folgt daraus, dafs jene »aufserordentliche« Hitze 1743 kaum 1° R. höher ist, als in den Beobachtungen von Amiot und v. Fufs, dafs also weniger ein absolutes Maximum als die *lange Dauer* der Hitze zu jenen Erscheinungen Veranlassung gegeben haben wird. Somit scheinen aus den bisherigen Beobachtungen für Peking als Gränzen des Thermometerstandes —18°,1 (16° tiefer als in Süd Italien, 9¾ höher als zu Marietta) und 40°,6 C. (dieselbe Höhe erreicht das Thermometer zu Palermo, Athen und zu Fort Columbus, N.-Amer.) hervorzugehen. Berichten über das Einfrieren von Handelsschiffen an der Küste des Golfs von Pe-tscheli (in gleicher Breite mit der Ins. Menorca) zu Anfang des *Decembers* darf man also auch wohl Glauben schenken.

Die vollständige Mittheilung der Temperatur-Media schien uns unerläfslich, weil im Westen der alten Welt *gleichzeitige* Beobachtungen an einigen Orten existiren; und da die Vergleichbarkeit der einzelnen Jahre *unter sich* keinem Zweifel unterliegt, so liefern sie ein vortreffliches Mittel, die Untersuchungen über die nicht-periodischen Temperaturänderungen (s. Dove in den Abhandl. der Academie der Wissensch. 1841, 1842) nicht blofs auf eine frühere Zeit auszudehnen, sondern, was sehr wichtig ist, zum *ersten* Male *West*- und *Ostküste der alten Welt* in dieser Beziehung zu vergleichen. Schon ein flüchtiger Blick auf die einzelnen Jahre läfst eine *grofse* Veränderlichkeit in so niederen Breiten erkennen, und man findet bald, dafs, in Uebereinstimmung mit dem von

**Dove** gewonnenen Resultate für andere Gegenden, welche *weit entfernt* von Asiens Ostküste liegen, die geringste Veränderlichkeit zu Peking ebenfalls in ein Frühlings- und ein Herbstmonat fällt. — Auch ergiebt sich selbst schon, bei Vergleichung von Beobachtungen derselben Periode, ein wahrscheinlicher Zusammenhang zwischen temporärer Herabdrückung der Wärme an den *Ostküsten der beiden grofsen Continente!* Denn die ungewöhnliche Kälte, welche im Februar 1836 im östlichen und inneren Nord-Amerika eintrat und sich über das südliche Europa erstreckte, während St. Petersburg sich, besonders im Gegensatz zu Island, einer auffallend hohen Wärme erfreute, steht ohne Zweifel in Verbindung mit einem Phänomene, was in 50 Jahren zu Canton kaum *einmal* beobachtet worden, nämlich mit einem *Schneefall* am 8. Februar 1836.

Da kürzlich in diesen Annalen (Bd. LVIII S. 177) der Gang des Barometers für Tschusan nach englischen Beobachtungen während der Besetzung dieser Insel (*Chin. Repos.*, 1841, *New York Univ. Ann. Reports*) mitgetheilt worden, so dürfte es angemessen seyn, bei Betrachtung der klimatischen und besonders der Temperatur-Verhältnisse von Peking auch hier die Ergebnisse für die Wärme an der Küste des *mittleren* Chinas, oder eines Verbindungsortes zwischen dem Norden und Süden dieses Landes zu erwähnen. Aus sechs täglichen Beobachtungen mit 3-stündlichen Intervallen finde ich nämlich für die *Insel Tschusan* (dicht am Meeresspiegel):

| | 1841. | | 1840. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Januar. | Febr. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. |
| Wahre Media | 3,7 | 3,3 | 20,7 | 16,3 | 11,0 | 6,7 R. |
| Mon. Min. | — 1,8 | — 3,1 | 15,1 | 8,4 | 4,4 | — 2,2 |
| Mon. Max. | 13,3 | 14,7 | 31,6 | 26,7 | 18,2 | 20,0 |
| Mon. Variat. | 15,1 | 17,8 | 16,5 | 18,3 | 13,8 | 22,2 |

Diese Beobachtungen deuten ebenfalls darauf hin, dafs die ersten Monate des Jahres 1841 an der Ostküste Chinas ungewöhnlich *kalt* gewesen sind (s. oben).

Was die Beobachtungen des *Luftdrucks* betrifft, so sagt Amiot zwar, dafs »sein Barometer mit Sorgfalt construirt worden sey«; aber bekanntlich dachte man in damaliger Zeit noch nicht einmal an eine Berücksichtigung der Temperatur des Quecksilbers. Wir stellen deshalb nur die 6-jährigen Mittel (nach Messier) mit den neueren zusammen (Fufs' Observ. wieder nach *altem Styl*):

| | Barometer. 1757—1762. | Barometer. 183$\frac{0}{1}$ (bei 0° C.) | Barometer. 1841 (bei 16$\frac{2}{3}$° C.) | Dampfdruck. 1841. | Trockne Luft. 1841. |
|---|---|---|---|---|---|
| | franz. | franz. | engl. | engl. | engl. |
| Januar | 28" 2''',0 | 28" 3''',72 | 30" 3''',24 | 0''',61 | 30" 2''',63 |
| Febr. | 28 1 ,1 | 28 3 ,89 | 30 2 ,56 | 0 ,90 | 30 1 ,66 |
| März | 27 11 ,1 | 28 2 ,40 | 30 1 ,51 | 1 ,54 | 29 9 ,97 |
| April | 27 10 ,5 | (27 10 ,91) | 29 9 ,18 | 2 ,53 | 29 6 ,65 |
| Mai | 27 8 ,0 | 27 9 ,92 | 29 7 ,74 | 3 ,38 | 29 4 ,36 |
| Juni | 27 7 ,5 | 27 7 ,60 | 29 5 ,67 | 5 ,30 | 29 0 ,37 |
| Juli | 27 7 ,1 | — | 29 5 ,61 | 7 ,14 | 28 8 ,47 |
| August | 27 7 ,9 | — | 29 6 ,13 | 6 ,85 | 28 9 ,28 |
| Septbr. | 27 9 ,7 | — | 29 8 ,45 | 4 ,34 | 29 4 ,11 |
| Octob. | 27 10 ,1 | — | 30 0 ,24 | 2 ,65 | 29 7 ,59 |
| Novbr. | 28 0 ,7 | — | 30 2 ,27 | 1 ,29 | 30 0 ,98 |
| Decbr. | 28 1 ,5 | 28 3 ,44 | 30 3 ,20 | 0 ,52 | 30 2 ,68 |
| Jahr | 27" 10''',7 | | 29" 9''',65 | 3''',09 | 29" 6''',56 |

Die Beobachtungen vom J. 1841, welche in dem Originalmaafsstabe der Skale mitgetheilt sind, weil diefs zur Vergleichung des Ganges in der jährlichen Periode genügt, sind nach der Formel:

$$\frac{5\,V+2\,VII+2\,IX+\ldots+2\,VII+5\,IX}{24}$$

berechnet (die römischen Zahlen bezeichnen die Beobachtungsstunden). Das Jahresmedium daraus (28" 0''',38 *Pariser M.* bei 0° C.) ist beträchtlich höher, als das der Amiot'schen Reihe, was wohl mit der Unvollkommen-

heit des alten Instruments zusammenhängt; denn die Beobachtungen von Fufs, auf das Jahresmedium (aus 1841) reducirt, liefern gleichfalls 28" 0''',0 *Par.* bei 0° C.; ein geringer Unterschied des Mittels, wenn man erwägt, dafs derselbe im südlichen Europa selbst 1 bis 1½ Lin. betragen kann (Monatsber. f. Erdkunde, I, S. 93). Der Gang des Barometers, des Drucks der Dämpfe und der trocknen Luft schliefst sich für eine einjährige Reihe ziemlich gut an die Beobachtungen zu Nertschinsk im continentalen Asien, und zu Tschusan nahe der nördlichen Gränze der Monsoons im chinesischen Meere an (s. Dove's Abhandl. in diesen Ann. Bd. LVIII S. 188): Der Luftdruck nimmt in der jährlichen Periode mit steigender Wärme (in *allen drei Reihen*) ab; die Elasticität des Wasserdampfes, welche zu Peking gröfser als zu Nertschinsk ist, nimmt gleichzeitig zu, und der Druck der trocknen Luft verhält sich analog den Curven im Inneren Nord-Asiens, welche durch ihre starke Krümmung von denen des westlichen Europas so wesentlich abweichen. Die jährliche Schwankung der Monatsmedia beträgt zu Peking für den Druck der Atmosphäre 7''',63, des Dampfes 6''',53 und der trocknen Luft 14''',21 engl.

Für die täglichen Veränderungen erhalten wir im jährlichen Durchschnitte aus Gaschkewitsch's Beobachtungen folgende Werthe (*engl.* Lin.), wobei wir die gleichzeitigen Temperaturmedia daneben setzen:

| Stunde. | Barometer. | Elasticität des Dampfes. | Trockne Luft. | Temperatur. |
|---|---|---|---|---|
| 5h | 299''',745 | 2''',954 | 296''',791 | 5°,74 R. |
| 7 | 299 ,885 | 3 ,021 | 296 ,864 | 6 ,12 |
| 9 | 300 ,025 | 3 ,080 | 296 ,945 | 7 ,99 |
| 11 | 299 ,930 | 3 ,125 | 296 ,805 | 10 ,00 |
| 1 | 299 ,560 | 3 ,100 | 296 ,460 | 11 ,27 |
| 3 | 299 ,290 | 3 ,037 | 296 ,253 | 11 ,64 |
| 5 | 299 ,225 | 3 ,062 | 296 ,163 | 10 ,81 |
| 7 | 299 ,415 | 3 ,216 | 296 ,199 | 9 ,38 |
| 9 | 299 ,650 | 3 ,210 | 296 ,449 | 8 ,32 |
| tägl. Osc. | 0''',800 | (0''',262) | 0''',642 | 5°,90 R. |

Zu Peking verschwindet also, wie zu St. Petersburg und Bogoslowsk (s. d. Ann. Bd. LVIII S. 192), das Morgenmaximum für die ganze Atmosphäre *nicht*, wie an andern Orten Sibiriens, eine Folge der Nähe des Oceans. Ferner zeigt sich im Jahre eine *doppelte Oscillation* im täglichen Gange der Elasticität des Wasserdampfs, wie eine solche, aber nur für den Sommer zu Halle und Prag, und für einen Winter auch zu Mailand beobachtet worden; eine bemerkenswerthe und ganz eigenthümliche Erscheinung! Nichts destoweniger ergiebt sich nämlich für den Druck der trocknen Luft ein *einziges* Maximum und Minimum, wie an den andern Stationen Sibiriens, nur mit dem (wesentlichen?) Unterschiede, dafs zwar das Minimum, wie zu Nertschinsk etc., erst einige Zeit nach dem Eintreten der gröfsten Tageswärme fällt, dafs das Maximum hingegen nicht kurz nach Sonnenaufgang (oder wie im westlichen Europa mitten in der Nacht), sondern erst spät Vormittags oder nahe zu derselben Zeit, wie zu Prag im Winter, zum Vorschein kommt. Soviel scheint indefs auch aus jenen Beobachtungen mit Bestimmtheit hervorzugehen, dafs jene periodischen Variationen im Laufe des Tages und Jahres im Zusammenhange mit dem Gange der Wärme stehen. Alles deutet darauf hin, dafs wir über die Veränderungen der Feuchtigkeit überhaupt noch sehr im Dunkeln sind; und es mufs unentschieden bleiben, ob jene Resultate nicht mit localen Einflüssen, die eine wichtigere Rolle spielen, als gewöhnlich angenommen wird, behaftet sind, um so mehr, als die Schwankungen des Dampfdrucks im Laufe des Tages verhältnifsmäfsig gering sind. Die Lage der Gebirge und andere örtliche Einflüsse, die Windrichtung, welche auch zu Peking in verschiedenen Jahren nicht unbeträchtlich variirt u. s. w., werden sich nach ihrer Mitwirkung erst dann betrachten lassen, wenn längere Reihen dargethan, dafs jene Gesetze wirklich allgemeine und nicht temporär modificirte sind.

Schliefslich wollen wir noch kurz der übrigen me-

teorologischen Elemente erwähnen, über welche die neuesten Beobachtungen von Gaschkewitsch erst im nächsten *Annuaire magn. et mét.* Aufschlufs geben werden. Wegen der von uns benutzten älteren Materialien verweisen wir auf das Journal von Amiot und v. Fufs' *Résumé* (a. a. O.).

*Niederschlag* in fester oder flüssiger Form findet nur an 58 Tagen im Jahre statt, also *nicht* öfter als zu Jakuzk und Irkuzk; auch zu Nertschinsk scheint es ziemlich eben so häufig zu regnen und schneien. Im Winter fällt gewöhnlich Schnee, wiewohl nur in geringen Mengen, sehr selten Regen. Den meisten Niederschlag geben die *Sommer*monate, also dieselbe Jahreszeit, welche Hindostan Monsoon-Regen bringt, welche im südlichen Sibirien die eigentliche Regenzeit ist, und welche für Japan so charakteristisch ist, dafs die Monate Juni und Juli die »*Wassermonate*« heifsen. Wie sich aber an der Ostküste der neuen Welt auf der nördlichen Hemisphäre von den Verhältnissen des tropischen Erdgürtels nach Norden hin ein *Uebergang* zu einem Maximum des Regens im Sommer durch ein Auseinandertreten desselben in ein Frühlings- und Herbstmaximum zeigt, analog den Verhältnissen im südlichen und mittleren Europa; so findet auch hier merkwürdiger Weise in der Region der Monsoons ein solcher Uebergang statt; denn im südlichen China, zu Canton und Macao, fällt die gröfste Menge des Regens ebenfalls in ein Frühlings- und ein Herbstmonat, in Nord-China dagegen in die Zeit des Sommers. Zwar ist die *Zahl der Regentage* zu Peking, selbst im Sommer, nicht beträchtlich, aber um so gröfser ist die Menge des Niederschlags; so z. B. fielen blofs im Sommer des J. 1761, nach den Messungen des Missionairs P. Cibot, *über* 60 *Zoll* Wasser herab, ein wahrhaft *tropisches* Quantum, so dafs ganze Städte und »Millionen« von Menschen von den Fluthen verschlungen wurden.

*Gewitter* sind in der heifsen Jahreszeit nicht selten;

sie brechen plötzlich aus und werden in der Regel von einem Orkan begleitet, gehen aber schnell vorüber; auch führt Amiot einigemal *Hagel*fälle an.

Feuchte *Nebel* kommen in den Wintermonaten sehr häufig vor. Auch das Phänomen der *trocknen Nebel* oder des Höhenrauchs im weitesten Sinne des Worts, dessen Existenz ich früher für Nord-Amerika (diese Annalen, Bd. XLIV S. 176 folg.) und das südliche Neuholland nachgewiesen habe, fehlt im *östlichen Asien* nicht. So heifst es u. a. in Amiot's Journal am 3. April 1759: »den *ganzen Tag* (!) war ein gelber *Staub* gefallen«; im Juli desselben Jahres: »Der Himmel verdunkelte sich *plötzlich;* ein gelber Staub fiel, den ein heftiger Regen niederschlug«; im April 1760: »Die Luft war mit einem gelben Staube *erfüllt* (!), bei einem starken NW.-Winde, der den ganzen Tag über anhielt« u. s. w. Häufig ist das Phänomen eines *herabfallenden* gelben Staubes offenbar nicht, wie Cotte behauptet, der denselben, nach damaligen Ansichten, nur vom Blumenstaube der »Fichten und Tannen« in der Nähe von Peking herleitet, und sogleich eine Aehnlichkeit mit den sogenannten Schwefelregen zu erkennen bereit ist; aber doch mag der »bedeckte« Himmel, welchen das Journal stets ohne weitere Beschreibung angiebt, nicht selten mit jener Erscheinung zusammenhängen. Der Frühling scheint dem Auftreten derselben besonders günstig zu seyn, und nördliche Winde, wenigstens in höheren Regionen der Atmosphäre, dabei eine Hauptrolle zu spielen; auch hier vertreibt Regen den Staub dieser trocknen Nebel. Es ist wohl am Wahrscheinlichsten, dafs die im NW. von Peking gelegene weite Sandwüste Gobi zu Zeiten ihre Staubmassen über die Gebirge in's nördliche China entsendet, wenn die Witterungsverhältnisse der Verbreitung günstig sind, ganz analog, wie diefs bei der trüben Staub-Atmosphäre der Sahara und in anderen Gegenden beobachtet wird.

Aus den A m i o t'schen Beobachtungen über die *Windesrichtung* geht endlich hervor, dafs S. am Häufigsten weht, nämlich mit 37 Procent; ihm folgt N. mit 15, dann NO. mit 14, SO. 11, NW. 10, O. 7, W. 3 und endlich SW. 3 Procent, alle Winde = 100 gesetzt. Aber man darf hierbei nicht die Lage Pekings in der Nähe eines langen Gebirgsrückens (des Khin-gan) und des hohen In-schan übersehen, wodurch die südlichen und nördlichen Winde von ihrem ursprünglichen Wege abgelenkt werden müssen; und wir halten deshalb Kaiser K h a n g-h i's Angabe, dafs der *vorherrschende* Wind der SW. sey, was wohl aus Beobachtungen an anderen Orten im N. des Reiches hergeleitet seyn mag, für richtig; er sagt ausdrücklich, dafs alle anderen Winde (und sie sind zu Peking überhaupt oft heftig, namentlich im Frühlinge, wo Wirbelwinde nicht selten auftreten, und zeigen alle Kennzeichen localen Einflusses,) nicht lange dauern, sondern bald wieder auf jene herrschende Richtung zurückkehren! (*Mém. de la Chine*, *T. IV*). Soviel ist aus den obigen Zahlen, die wir, wegen der localen Verhältnisse, zur Bestimmung der mittleren Windesrichtung nach der L a m b e r t'schen Formel für nicht geeignet halten, klar, dafs auch im Norden Chinas *zwei einander gegenüberliegende Ströme*, ein nördlicher und ein überwiegender südlicher, wie in der ganzen gemäfsigten Zone mit einander *wechseln*, und somit alle Witterungserscheinungen, welche von dem temporären Ueberwiegen des einen oder des anderen Stromes abhängen, sich in Hinter Asien in ähnlicher Weise, nur modificirt durch die Stellung von Land und Wasser, kund geben müssen, als im Westen der alten Welt, oder an der Ostküste Nord-Amerikas. Dafs aber im Winter S. und NO. stets mit einander kämpfend herrschen, während im Sommer südliche Winde mehr überwiegen, hängt auf's Innigste mit der Wärmevertheilung zusammen; und zugleich folgt daraus, dafs der im Sommer bis zu dem nordchinesischen und japa-

nischen Meere temporär hinaufrückende SW.-Monsoon sich *keineswegs dauernd* in's Innere des Landes erstreckt, sondern nur häufiger weht, als der Nordstrom, d. h. den wahren *Monsoon-Charakter* völlig einbüfst. In Nord-China also bedingt die relative Lage und Configuration von Meer und Land analoge Verhältnisse wie im südlichen Europa, doch mit dem wesentlichen Unterschiede, dafs dort der Südstrom, hier bei Weitem überwiegend der Nordstrom sich in der warmen Jahreszeit geltend macht, ein Phänomen, welches wir durch die eigenthümliche Stellung Europas gegen Afrika und im Zusammenhange mit den Windverhältnissen höherer Breiten erklärt haben (Monatsberichte der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin, III, S. 119 folg.).

Für das Verhältnifs der *nördlichen* zu den *südlichen* Winden ergiebt sich 1 : 1,29, der *östlichen* zu den *westlichen* 1 : 0,52; jenes ist somit ziemlich ähnlich dem an der Ostküste Nord-Amerikas, während letzteres an dieser Küste fast gerade *umgekehrt* ist. Soll man nun annehmen, dafs das (a. a. O. S. 117) von mir ausgesprochene Resultat: ein *westsüdwestlicher Luftstrom herrscht in mittleren Breiten der gemäfsigten Zone auf der ganzen Erde vor*, nicht für Nord-China gültig sey; oder mufs man, wenn Kaiser Khang-hi Recht hat, jene Abweichung für eine *locale* oder *temporäre* Erscheinung halten? Die Entscheidung über diefs Problem wollen wir von directer Beobachtung erwarten, mag auch die letztere Hypothese viel Wahrscheinlichkeit für sich haben.

---

*Nachschrift.* Eine spätere Untersuchung hat mich gelehrt, dafs das, was S. 223 für Nord-China als ein eigenthümliches Verhältnifs des Klimas bezeichnet worden, nämlich ein regelmäfsiger temporärer Wechsel des continentalen und oceanischen Klimas, *allgemeine* Gültigkeit für *alle* Ostküsten in höheren Breiten hat, und sehr wahrscheinlich eine einfache Folge der Veränderungen der Windrichtung in den verschiedenen Jahreszeiten ist. Diese Eigenthümlichkeit ist aber so charakteristisch, dafs es gerechtfertigt scheinen dürfte, das Klima der Ostküsten als eine besondere Gattung mit dem Namen: *gemischtes Klima* zu bezeichnen, und den Ausdruck oceanisches Klima dagegen auf Inseln und Westküsten zu beschränken. Somit würden wir auf der Erde überhaupt *drei* wesentlich verschiedene *Klimate* nebst ihren Uebergängen in einander erhalten.

## III. *Ueber den Nebenstrom im getheilten Schliefsungsdrahte der Batterie;*
*von* K. W. Knochenhauer.

(Schlufs von S. 82.)

Allein um jetzt auf ganz bestimmte Weise zu sehen, ob nicht das Gesetz vielleicht dennoch mit Berücksichtigung des Materials der verschiedenen Drähte passe, spannte ich noch verschiedene Drähte in schicklichen Gestellen über Glasstäbe aus, so dafs sich auch diese bequem einschalten liefsen. Ich nahm zuerst vier Sorten Eisendraht, die aus derselben Handlung gekauft und fortlaufend von derselben Fabrik numerirt, von nicht zu verschiedenem Materiale seyn konnten, dazu vier verschiedene Sorten Kupferdraht, die ich mir mit einiger Schwierigkeit hier aus demselben Stücke hatte ziehen lassen, aber nur von beschränkter Länge erhalten konnte. Von dem Eisendraht wogen:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| No. I. | 12″ | 8‴,8 | lang | 6,477 | Grm. |
| No. II. | 12 | 3 ,1 | - | 1,879 | - |
| No. III. | 12 | 5 ,5 | - | 0,947 | - |
| No. IV. | 12 | 5 ,8 | - | 0,611 | - |

Das specifische Gewicht von No. I, dessen Eisen brüchiger war, war 7,540, von No. II 7,732, das ich für die feineren Sorten gleichfalls annahm; hiernach sind die Durchmesser No. I 0‴,789, No. II 0‴,428, No. III 0‴,302 und No. IV 0‴,242. Von den Kupferdrähten wogen:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| No. I. | | 9″ | 3‴ | lang | 4,145 | Grm. |
| No. II. | 2′ | 11″ | 9‴,5 | - | 8,402 | - |
| No. III. | 2 | 8 | 10 ,6 | - | 3,763 | - |
| No. IV. | 2 | 11 | 1 ,7 | - | 1,863 | - |

Das specifische Gewicht von No. I war 8,857, von No. II 8,645, im Mittel 8,75; also die Durchmesser No. I 0‴,628,

No. II 0''',498, No. III 0''',348 und No. IV 0''',236. — Bei den nächstfolgenden Versuchen wurde die ganze Länge des doppelten Kupferdrahts angewandt, und in der Nebenschliefsung befanden sich aufser *N* noch 70 Zoll Kupferdraht. Nach den vier ersten Versuchen rifs der Platindraht im Thermometer *H*, und ich mufste aus Mangel eines längeren einen etwas kürzeren als den bisherigen, doch von derselben Stärke, einziehen; das Verhältnifs zu *N* wird später angegeben werden, vorläufig werde ich das Thermometer mit $H_2$ bezeichnen. Die Versuche sind folgende in Mittelzahlen aus je drei Notirungen vor- und rückwärts genommen.

Neusilber No. I.

| Einschalt. | *N*. | | N Mittel. | $H_1$. | | $H_1$ Mittel. | Verl. in $H_1$. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | offen | | — | 15,50 | 15,50 | 15,50 | — |
| 0' | 15,67 | 16,33 | 16,00 | 10,33 | 10,12 | 10,23 | 5,27 |
| 4 | 14,00 | 14,33 | 14,17 | 10,75 | 10,50 | 10,63 | 4,87 |
| 8 | 12,37 | 12,50 | 12,44 | 11,00 | 11,00 | 11,00 | 4,50 |
| 12 | 11,06 | | 11,06 | 11,25 | | 11,25 | 4,25 |

$b = 0,1430$ ; $B = 0,286$.

Neusilber No. IV.

| Einschaltung. | *N*. | | *N* Mittel. | $H_1$. | | $H_1$ Mittel. | Verl. in $H_1$. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | offen | | — | 15,50 | 15,54 | 15,52 | — |
| 0 | 16,33 | 16,29 | 16,31 | 10,33 | 10,12 | 10,13 | 5,39 |
| 4',134 | 12,75 | 12,71 | 12,73 | 10,06 | 10,00 | 10,03 | 5,49 |
| 8,268 | 10,00 | 10,12 | 10,06 | 9,75 | 9,94 | 9,85 | 5,67 |
| 12,402 | 8,21 | 8,25 | 8,23 | 10,00 | | 10,00 | 5,52 |

$b' = 0,3094$ ; $b$ reducirt $= 0,2993$ ; $B = 0,621$.

### Eisendraht No. IV.

| Ein-schalt. | $N.$ | N Mittel. | $H_1.$ | $H_1$ Mittel. | Verl. in $H_1.$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | offen | — | 15,62 15,50 | 15,56 | — |
| 0' | 14,54 15,00 | 14,77 | 10,00 10,00 | 10,00 | 5,56 |
| 4 | 12,00 12,37 | 12,19 | 10,83 10,56 | 10,70 | 4,86 |
| 8 | 10,00 10,37 | 10,19 | 10,87 10,69 | 10,78 | 4,78 |
| 12 | 9,62 8,75 | 8,69 | 10,94 10,87 | 10,92 | 4,64 |
| 16 | 7,45 | 7,45 | 11,00 | 11,00 | 4,56 |

$b = 0{,}2324$ ; $B = 0{,}449.$

### Eisendraht No. I.

| Ein-schalt. | $N.$ | $N$ Mittel. | $H_1.$ | $H_1$ Mittel. | Verl. in $H_1.$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | offen | — | 15,50 15,71 | 15,62 | — |
| 0' | 14,87 15,12 | 15,00 | 10,06 10,00 | 10,03 | 5.59 |
| 4 | 13,25 13,44 | 13,35 | 10,56 10,50 | 10,53 | 5,09 |
| 8 | 12,04 12,16 | 12,10 | 10,81 10,75 | 10,78 | 4,84 |
| 12 | 11,25 11,33 | 11,29 | 10,87 11,00 | 10,94 | 4,68 |
| 16 | 10,32 | 10,32 | 11,08 | 11,08 | 4,54 |

$b = 0{,}1149$ ; $B = 0{,}240.$

### Eisendraht No. III.

| Ein-schalt. | $N.$ | $N$ Mittel. | $H_2.$ | $H_2$ Mittel. | Verl. in $H_2.$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | offen | — | 11,62 11,69 | 11,66 | — |
| 0' | 15,71 15,67 | 15,69 | 7,75 7,75 | 7,75 | 3,91 |
| 4 | 13,29 13,29 | 13,29 | 8,06 8,00 | 8,03 | 3,63 |
| 8 | 11,33 11,25 | 11,29 | 8.25 8,19 | 8,22 | 3,44 |
| 12 | 10,04 10,04 | 10,04 | 8,25 8,25 | 8,25 | 3,41 |
| 16 | 8,68 | 8,68 | 8,37 | 8,37 | 3,29 |

$b = 0{,}1932$ ; $B = 0{,}390.$

Eisendraht No. II.

| Einschalt. | $N$. | $N$ Mittel. | $H_2$. | $H_2$ Mittel. | Verl. in $H_2$. |
|---|---|---|---|---|---|
| | offen | — | 11,50 11,62 | 11,56 | — |
| 0' | 15,67 15,92 | 15,80 | 7,69 7,69 | 7,69 | 3,87 |
| 4 | 13,46 13,62 | 13,54 | 8,06 8,00 | 8,03 | 3,53 |
| 8 | 11,75 11,96 | 11,86 | 8,12 8,12 | 8,12 | 3,44 |
| 12 | 10,42 10,46 | 10,44 | 8,19 8,19 | 8,19 | 3,37 |
| 16 | 9,34 | 9,34 | 8,25 | 8,25 | 3,31 |

$b = 0{,}1697$ ; $B = 0{,}332$.

Kupferdraht No. IV.

| Einschalt. | $N$. | $N$ Mittel. | $H_2$. | $H_2$ Mittel. | Verl. in $H_2$. |
|---|---|---|---|---|---|
| | offen | — | 10,00 10,21 | 10,11 | — |
| 0' | 14,15 14,29 | 14,22 | 6,44 6,56 | 6,50 | 3,61 |
| 4 | 12,92 13,12 | 13,02 | 7,06 7,06 | 7,06 | 3,05 |
| 8 | 11,96 11,75 | 11,86 | 7,31 7,25 | 7,28 | 2,83 |
| 12 | 11,12 | 11,12 | 7,66 | 7,66 | 2,45 |

$b = 0{,}0950$ ; $B = 0{,}200$.

Kupferdraht No. III.

| Einschalt. | $N$. | $N$ Mittel. | $H_2$. | $H_2$ Mittel. | Verl. in $H_2$. |
|---|---|---|---|---|---|
| | offen | — | 10,21 10,25 | 10,23 | — |
| 0' | 14,29 14,50 | 14,40 | 6,56 6,75 | 6,66 | 3,57 |
| 4 | 13,21 13,25 | 13,23 | 7,00 7,00 | 7,00 | 3,23 |
| 8 | 12,75 12,79 | 12,77 | 7,31 7,37 | 7,34 | 2,89 |
| 12 | 11,60 | 11,60 | 7,66 | 7,66 | 2,57 |

$b = 0{,}0761$ ; $B = 0{,}128$.

Kupferdraht No. II.

| Ein-schalt. | N. | N Mittel. | $H_2$. | $H_2$ Mittel. | Verl. in $H_2$. |
|---|---|---|---|---|---|
| | offen | — | 10.00 10,12 | 10,06 | — |
| 0' | 14,00 14,37 | 14,18 | 6,19 6,31 | 6,25 | 3,81 |
| 4 | 13,25 13,25 | 13,25 | 6,62 6,75 | 6,69 | 3,37 |
| 8 | 12,37 12,42 | 12,40 | 7,00 7,00 | 7,00 | 3,06 |
| 12 | 11,62 | 11,62 | 7,32 | 7,32 | 2,74 |

$b = 0{,}0720$.

Kupferdraht No. IV.

| Ein-schalt. | N. | N Mittel. | $H_2$. | $H_2$ Mittel. | Verl. in $H_2$. |
|---|---|---|---|---|---|
| | offen | — | 10,12 10,12 | 10,12 | — |
| 0' | 14,37 14,37 | 14,37 | 6,31 6,31 | 6,31 | 3,81 |
| 4 | 13,62 13,42 | 13,52 | 6.75 6,75 | 6,75 | 3,37 |
| 8 | 12,62 12,62 | 12,62 | 7,12 7,12 | 7,12 | 3,00 |
| 12 | 12,12 | 12,12 | 7,32 | 7,32 | 2,74 |

$b = 0{,}0644$.

Bei den vorstehenden Versuchen waren also von den verschiedenen Drahtsorten nach einander 4, 8, 12 und bei den Eisendrähten noch 16 Fufs eingeschaltet worden, und die Mittelwerthe waren aus je drei Beobachtungen vor- oder rückwärts genommen, demnach aus sechs einzelnen, unter einander schon recht gut übereinstimmenden Angaben. Um die Wirkungen der einzelnen Drahtlängen auf einander zu beziehen, berechnete ich $b$ aus der Formel $t = \frac{a}{1 + nb}$, worin für $t$ die jedesmalige Erwärmung, für $a$ die Erwärmung bei eingeschaltetem Kupferbügel und für $n$ die Zahl gesetzt wurde, die die Länge des eingeschalteten Drahts zu 4' als Einheit genommen ausdrückt. Diese Formel stimmt zwar nicht ganz genau, da die Erwärmungen $t$ auch wieder bei gleicher Bezeichnung der Formel $t = \frac{a}{(1 + b)^n}$ ziemlich nahe

kommen, doch bietet sie jedenfalls ein passendes Mittel dar; um eine annähernd richtige Vergleichung der verschiedenen Drähte unter einander zu erhalten. Da später häufig nur 8' Draht eingeschaltet wurden, so berechnete ich noch $B$ aus $t = \frac{a}{1+B}$, worin für $t$ die Erwärmung für 8', bei Neusilber No. IV bei 8',268 Drahtlänge gesetzt wurde. — Bei einem Theile der Beobachtungen mufste, wie erwähnt ist, mit $H_2$ operirt werden; es kann demnach die Frage entstehen, ob hierdurch nicht eine Störung in den Werthen von $b$ veranlafst wurde, da doch der Platindraht in $H_2$ etwas länger als in $H_1$ war. Um darüber sicher zu seyn, wiederholte ich den Versuch mit der Eisensorte No. IV, indem ich das zweite Thermometer ganz eliminirte; $b$ war etwa um $\frac{1}{8}$ kleiner, also, wie mir schien, zu unbedeutend gefallen, als dafs ein merklicher Einflufs von der Veränderung von $H_1$ in $H_2$ entstehen sollte; indefs ist ein solcher Einflufs wirklich vorhanden, wie die späteren Beobachtungen zeigen werden, und die Werthe von $b$ sind bei $H_2$, im Vergleich zu denen bei $H_1$, um etwas, doch bei dem geringen Unterschiede hier nur um sehr weniges gröfser zu denken. — Die Versuche zeigen nun zunächst, dafs das oben angedeutete Gesetz über die Drahtstücken nicht Stich hält; es ergiebt sich nur ganz im Allgemeinen, dafs dünnere Drähte mehr schwächen als stärkere, und namentlich scheint dieser Einflufs bedeutender hervorzutreten, je feiner die Drähte werden. In Betreff der weiteren Folgerungen wollen wir zuvörderst auf den Leitungswiderstand übergehen. Die Beobachtungen mit Eisen No. IV und Kupfer No. IV, durch $H_2$ bestimmt, gaben folgende Resultate:

Ei-

Eisen No. IV.

| Einschalt. | $H_2$ beob. | $H_2$ berechn. |
|---|---|---|
| 0' | 13,00 | 13,00 |
| 4 | 10,94 | 10,95 |
| 8 | 9,37 | 9,45 |
| 12 | 8,44 | 8,32 |
| 16 | 7,44 | 7,43 |

ı der Widerstand von 4'=0,1872, wenn die fest nde Leitung =1 gesetzt wird.

Kupfer No. IV.

| Einschalt. | $H_2$ beob. | $H_2$ berechn. |
|---|---|---|
| 0' | 13,00 | 13,00 |
| 4 | 12,50 | 12,61 |
| 8 | 12,25 | 12,24 |
| 12 | 12,00 | 11,90 |

er Widerstand von 4'=0,0309. Zur Vergleichung en früheren Angaben wurden zugleich die Neusilralen und $N$ untersucht. Für Neusilber ergab sich:

| Einschaltung. | $H_2$ beob. | $H_2$ berechn. |
|---|---|---|
| 0 | 13,26 | 13,26 |
| Spirale III | 10,25 | 10,55 |
| Spirale VI | 8,94 | 8,78 |
| Spirale VII | 6,50 | 6,55 |

h der Widerstand von 8' Neusilber No. I =0,2557. V fand ich folgende Angaben:

| | $N$. |
|---|---|
| 5 | 15,54 |
| 2 | offen |

also $1 H_2 = 4{,}667\ N$ und Widerstand von $N = R = 1{,}620$.

| | $N$. |
|---|---|
| ) | 18,90 |
| 5 | offen |

$1 H_2 = 4{,}725\ N$ und $R = 1{,}562$.

| $H_2$. | $N$. |
|---|---|
| 6,37 | 28,25 |
| 16,60 | offen |

$1 H_2 = 4,435\ N$ und $R = 1,606$.

Hiermit ist im Mittel $1 H_2 = 4,61\ N$ und $R = 1,596$. Bei den früheren Beobachtungen mit $H_1$ war aber der Widerstand von 8′ Neusilber No. I $= 0,2983$, also um 1,166 gröfser; eben so war $R = 1,738$, also um 1,089 gröfser; im Mittel sind demnach die jetzt gefundenen Werthe mit 1,127 zu multipliciren, um mit dem früheren Resultate auf dieselbe Einheit des Widerstands zu gehen. Somit folgt der Widerstand von 4′ des gewöhnlichen Kupferdrahts von 0‴,279 Durchmesser $= 0,0595$, von 4′ Neusilber No. I zu 0‴,332 Durchmesser $= 0,1491$, von 4′ Eisendraht No. IV zu 0‴,242 Durchmesser $= 0,2110$, und von 4′ Kupferdraht No. IV zu 0‴,236 Durchmesser $= 0,0348$. Die relative Leitungsfähigkeit stellt sich jetzt:

| | |
|---|---|
| Kupferdraht (No. IV — 1) | = 100 |
| gewöhnlicher Kupferdraht | = 41,8 |
| Eisendraht (No. IV) | = 15,7 |
| Neusilber | = 11,8. |

Ordnen wir hiernach die verschiedenen, vorhin angewandten Drahtsorten ihrem Leitungswiderstande nach, so folgen sie einander in nachstehender Ordnung:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Neusilber | No. IV, | Widerstand auf 4′,134 | = 0,4764 |
| Eisen | No. IV, | - - 4′ | = 0,2110 |
| Neusilber | No. I, | - - 4′ | = 0,1491 |
| Eisen | No. III, | - - 4′ | = 0,1355 |
| Eisen | No. II, | - - 4′ | = 0,0675 |
| Kupfer | No. IV, | - - 4′ | = 0,0348 |
| Eisen | No. I, | - - 4′ | = 0,0199 |
| Kupfer | No. III, | - - 4′ | = 0,0175 |
| Kupfer | No. II, | - - 4′ | = 0,0086 |
| Kupfer | No. I, | - - 4′ | = 0,0045. |

Dieselben Metalle schwächen aber den durch $N$ gehenden Strom nach den obigen Versuchen in der Reihe:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| silber | No. IV, | Verzögerungskraft auf | 4',134 | =0,3094 |
| n | No. IV, | - - - | 4', | =0,2324 |
| n | No. III, | - - - | 4' | =0,1932 |
| n | No. II, | - - - | 4' | =0,1697 |
| silber | No. I, | - - - | 4' | =0,1430 |
| n | No. I, | - - - | 4' | =0,1149 |
| fer | No. IV, | - - - | 4' | =0,0950 |
| fer | No. III, | - - - | 4' | =0,0761 |
| fer | No. II, | - - - | 4' | =0,0720 |
| fer | No. I, | - - - | 4' | =0,0644 |

An eine Anwendung der Ohm'schen Formel auf den iegenden Fall ist hiernach gar nicht zu denken. — ıt weniger bemerkenswerth ist der Gang des Ther- ıeters *H*. Bei Neusilber No. IV hält sich der Ver- auf gleicher Höhe; bei Neusilber No. I und allen nsorten tritt eine allmälige Abnahme des Verlustes stärker zeigt sich diese beim Kupfer, obschon sich der Strom durch *N* fast gleich bleibt. Alle diese ıltate sind den früheren Beobachtungen ganz con- ı; Eisendraht schwächt am meisten den abgezweig- Strom (ähnlich unreines Kupfer), Einschaltungen von ferdraht wirken weniger hemmend auf die Hauptlei- ; zurück.

Nachdem somit die Verhältnisse entwickelt waren, ich auf die Untersuchung des wahren Nebenstroms getrennten Drähten über. Zum unmittelbaren An- ufs machte ich gleich hinter einander folgende zwei suchsreihen. Die beiden gespannten Drähte blieben ınden, und in dem Strom durch *N* waren 70 Zoll ferdraht; die Mittelwerthe der Beobachtungen, ohne gängige Wiederholung, gaben:

| Einschaltung. | N. | $H_1$. | Verlust in $H_1$. |
|---|---|---|---|
| | offen | 20,75 | — |
| 0 | 20,83 | 14,50 | 6,25 |
| III | 16,20 | 15,50 | 5,25 |
| V | 18,62 | 14,33 | 6,42 |
| VI | 16,46 | 14,16 | 6,59 |
| VII | 13,25 | 14,25 | 6,50 |
| VIII′ | 14,87 | 16,67 | 4,08 |
| III und VIII | 11,96 | 17,46 | 3,29 |
| VII und VIII | 10,33 | 16,29 | 4,46 |

Darauf wurden beide Drähte etwa um 3 Linien im Li
ten von einander entfernt; es folgte:

| Einschaltung. | N. | $H_1$. | Verlust in $H_1$. |
|---|---|---|---|
| | offen | 18,94 | — |
| 0 | 6,96 | 16,25 | 2,69 |
| I | 6,47 | 16,68 | 2,26 |
| II | 6,00 | 16,81 | 2,13 |
| III | 5,18 | 17,08 | [illegible] |
| IV | 5,72 | 16,81 | [illegible] |
| V | 6,10 | 16,53 | [illegible] |
| VI | 5,36 | 16,67 | [illegible] |
| VII | 4,50 | 16,54 | [illegible] |
| VIII | 4,67 | 17,22 | [illegible] |
| III und VIII | 3,37 | 17,31 | [illegible] |
| VII und VIII | 3,12 | 17,00 | [illegible] |

Wurde das Thermometer $N$ durch ei[illegible] $=0,476$
Draht eliminirt, so war $H_1 = 18,50$, Verlust 0,54.
Sieht man von einigen kleinen Differenzen in $H_1$ ab,
aus nicht zu vermeidenden Fehlern in den Beobachtun
entspringen, so stimmen beide Reihen in ihrem Gange v
kommen überein, selbst der mehr frei werdende Hauptst
durch die Zufügung von VIII zu III und VII zeigt
in beiden. Ich ziehe aus diesen Beobachtungen den Schl
dafs beide Ströme auf gleiche Weise entstehen, dafs d
nach auch bei getheilter Hauptleitung der Strom durcl
ein wahrer Nebenstrom ist. Die vorstehenden Resul
belehren uns zugleich, dafs der von Riefs aufgeste

Satz (Annalen, Bd. LI S. 181 und 182), wonach die Nebenspirale, durch einen immer gröſseren Widerstand geschlossen, die Erwärmung im Hauptstrome erst auf ein Minimum zurückführe, und dann weiterhin wieder wachsen lasse, streng auf den Fall seiner Beobachtung eingeschränkt werden müsse; denn hier haben wir den Fall, daſs z. B. erstens die hinzugefügte Spirale III den Hauptstrom verstärkt, und die andere Spirale VIII ihn noch mehr hebt; dagegen umgekehrt hebt ihn VIII allein, aber die noch hinzugesetzte Spirale VII drückt ihn wieder zurück; VII allein hinzugesetzt, stört ihn nicht weiter. — Um auch die übrigen Drähte in ihrem Verhalten zu prüfen, stellte ich noch einen ganz einfachen Versuch mit Spirale III, VII, mit 8′ Eisendraht No. IV und 8′ Kupferdraht No. IV an, und nahm die Mittelwerthe aus vor- und rückgä.gigen Beobachtungen. Die beiden gespannten Drähte waren auf 4 Linien im Lichten von einan-
hier der Str. und H war zur Verstärkung des Neben-
Resultate si beseitigt. Es ergab sich:
form; Eisen
ten Strom (
Kupferdraht
tung zurück.
Nachde
ging ich au

| Einschaltung. | N. | B. |
|---|---|---|
| 0 | 14,15 | . |
| III | 11,56 | 0,224 |
| VII | 9,56 | 0,480 |
| Eisen IV | 10,04 | 0,409 |
| Kupfer IV | 12,25 | 0,155 |

Also auch hier dieselben Verhältnisse, nur in *B* etwas kleinere Werthe, was von dem entfernten Thermometer *H* herrührt, wie das Folgende bestimmter zeigen wird.

Nach diesen Versuchen schritt ich zu einer neuen Prüfung des abgezweigten und des anerkannten Nebenstroms. Ein früherer Versuch hatte mich belehrt, daſs wenn man den Hauptzweig der getheilten Leitung nach und nach länger macht, der abgezweigte Strom durch *N* nach und nach in einer ihm eigenthümlichen Weise heranwächst; es blieb hier also noch zu untersuchen übrig,

welche Einwirkung die verschiedenen Drähte hervorbringen, da nach dem Ohm'schen Gesetze, wenn diefs anders hier gelten sollte, die Verhältnifszahlen $b$ ziemlich constant bleiben müfsten, weil ja die Leitungsfähigkeit in dem durch $N$ gehenden Ringe durch Einschaltung von 2' bis 28' doppelten oder einfachen Kupferdrahts in Rücksicht auf den Widerstand von $N$ selbst nur wenig verändert wird. Bei dem ersten Versuche wurde auf dem ausgespannten einfachen Kupferdrahte nach und nach, bei 2' bis 28' die Leitung durch $N$ abgezweigt, und zwar mit Hülfe eines Kupferdrahts, dessen Länge ich mir nicht notirt habe. Unter $L$ in der ersten Columne steht die Länge, die zwischen der Abzweigung lag, unter $N$ und $H_1$ findet man die gewöhnlichen Angaben:

| $L$. | $N$. | $H_1$. | Verlust in $H_1$. |
|---|---|---|---|
| | offen | 13,50 | — |
| 2' | 1,00 | 13,10 | 0,40 |
| 4 | 3,00 | 12,70 | 0,80 |
| 6 | 5,84 | 12,10 | 1,40 |
| 8 | 8,33 | 11,65 | 1,85 |
| 12 | 11,95 | 10,72 | 2,78 |
| 16 | 14,90 | 10,23 | 3,27 |
| 20 | 18,40 | 10,02 | 3,48 |
| 24 | 18,63 | 9,85 | 3,65 |
| 28 | 19,90 | 9,79 | 3,71 |

Wie man sieht, schreitet die Erwärmung in $N$ anfänglich schneller, später langsamer vor, und $H_1$ wird durchgehend schwächer. Bei 20' befindet sich in $N$ ein sonderbarer Fehler, der davon herrührt, dafs an dieser Stelle der ausgespannte Draht durch die Thüröffnung zweier Zimmer geht; der Tisch mit dem Thermometer $N$ wurde so gestellt, dafs die abzweigenden Drähte schräg gegen den ausgespannten kamen, und dadurch eine gröfsere Erwärmung veranlafsten. Dieselbe Störung habe ich späterhin noch zwei Mal beobachtet, bis ich, darauf aufmerksam, den Tisch wie bei den übrigen Beobachtungen

lte. Die Angaben in $H$ geben nichts Neues, deshalb eitigte ich in dem Folgenden diefs Thermometer, und inte mit schwächeren Ladungen der Batterie leichter erimentiren. — Ich zweigte zunächst auf 12 Fufs vom pelten Hauptdrahte die Nebenleitung ab und prüfte 8' von den verschiedenen Drahtsorten, vom Kupfer sfs nur No. IV und III. Die Beobachtungen wurden - und rückwärts angestellt. Es fand sich:

| Einschaltung. | $N$. | $B$. | Verhältnifs. |
|---|---|---|---|
| 0 | 18,48 | — | |
| III | 13,75 | 0,344 | 1,20 |
| VII | 10,37 | 0,782 | 1,26 |
| 0 | 18,82 | — | |
| Eisen No. IV | 11,28 | 0,668 | 1,49 |
| - - III | 11,92 | 0,579 | 1,48 |
| - - II | 12,69 | 0,483 | 1,46 |
| - - I | 14,12 | 0,333 | 1,39 |
| 0 | 18,71 | — | |
| Kupfer No. IV | 15,37 | 0,217 | 1,09 |
| - - III | 15,75 | 0,188 | 1,47 |

Die letzte Columne giebt das Verhältnifs von $B$ in das oben gefundene $B$ an; schliefst man hierbei Angaben beim Kupfer als unzuverlässig aus, so ist Einwirkung der Eisensorten stärker als des Neusil- gestiegen, was auch mit den späteren Beobachtun- vollkommen harmonirt. — Ich machte nun ferner Versuchsreihe mit Abzweigungen von 4' bis 24' auf doppelten Kupferdraht, und schaltete, der Einfach- wegen, nur Spirale III, VII, 8' Eisen No. IV und Kupfer No. IV ein. Das Thermometer $H$ blieb eben- fort. Es ergaben sich folgende Erwärmungen in $N$:

| Einschaltung. | 4'. | 8'. | 12'. | 16'. | 20'. | 24'. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 4,56 | 9,51 | 12,22 | 13,61 | 14,69 | 15,25 |
| III | 2,41 | 6,12 | 9,03 | 10,34 | 11,66 | 12,37 |
| VII | 1,53 | 4,47 | 6,62 | 7,81 | 8,92 | 9,42 |
| Eisen IV | 1,37 | 4,33 | 6,97 | 8,58 | 9,92 | 10,66 |
| Kupfer IV | 2,82 | 7,06 | 10,21 | 11,46 | 13,08 | 13,72 |
| | *B.* | *B.* | *B.* | *B.* | *B.* | *B.* |
| III | 0,892 | 0,554 | 0,353 | 0,326 | 0,260 | 0,233 |
| VII | 1,980 | 1,128 | 0,846 | 0,743 | 0,647 | 0,619 |
| Eisen IV | 2,330 | 1,196 | 0,753 | 0,586 | 0,480 | 0,431 |
| Kupfer IV | 0,617 | 0,347 | 0,197 | 0,188 | 0,123 | 0,112 |

Alle Erwärmungen in der Nebenschliefsung bei den verschiedenen eingeschalteten Drähten geben eine erst schneller, dann langsamer steigende Reihe durch. Die Einwirkung der Drähte oder $B$ ist erst grofs und senkt sich allmälig auf den früher beobachteten Werth zurück, nur dafs Spirale III und Kupfer, selbst Spirale VII unter die eben gefundene Gränze sinken, indem mit fortgenommenem $H$ der Strom sich im Hauptdraht schneller bewegt und diese Abnahme veranlafst. Eisen hält sich am besten, ja es nimmt im Anfange der Reihe so an Wirksamkeit zu, dafs es bei 4' und 8' noch mehr als Spirale VII schwächt; ein Fehler in der Beobachtung ist hier um so weniger zulässig, als ich diese Einschaltungen mehrere Male hinter einander stets mit demselben Erfolge geprüft habe. — Die eben gefundenen Verhältnisse charakterisiren sicher den abgezweigten Strom; es fragt sich also, ob beim Nebenstrom ein Gleiches stattfinde. Hierzu spannte ich die beiden Kupferdrähte, um 4 Linien im Lichten von einander entfernt, ganz straff an, und zweigte von dem Drahte, der den Nebenstrom giebt, nach und nach ebenfalls 4' bis 24' ab, und zwar mit Drähten von 70 Zoll Länge, deren Enden ich fünf bis sechs Mal um den gespannten Draht fest geschlungen hatte, damit einestheils an diesen Stellen kein Ueber-

gang der Elektricität von einem Draht zum andern begünstigt würde, und andererseits doch eine sichere verschiebbare Verbindung bliebe. *H* war nicht in der Hauptleitung. Die Beobachtungen gaben folgende Erwärmungen in *N*:

| Einschaltung. | 4'. | 8'. | 12'. | 16'. | 20'. | 24'. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 2,12 | 6,09 | 8,67 | 11,10 | 12,00 | 13,56 |
| III | 1,00 | 3,50 | 5,75 | 7,79 | 8,62 | 10,00 |
| VII | — | 2,44 | 4,37 | 6,21 | 7,12 | 8,19 |
| Eisen IV | — | 2,29 | 4,44 | 6,33 | 7,33 | 8,56 |
| | *B.* | *B.* | *B.* | *B.* | *B.* | *B.* |
| III | 1,120 | 0,740 | 0,508 | 0,425 | 0,392 | 0,358 |
| VII | — | 1,496 | 0,984 | 0,770 | 0,685 | 0,658 |
| Eisen IV | — | 1,659 | 0,953 | 0,753 | 0,637 | 0,586 |

Wie man sieht bleiben sich alle Verhältnisse ganz gleich, selbst der Eisendraht No. IV zeigt bei 8' den Uebergang über Spirale VII. Die Werthe von *B* sind zwar gröſser; allein diese hängen, wie ich schon bemerkt habe, allein von der Verzögerung ab, die im Hauptstrome stattfindet. Der Nebenstrom steht also nur in einem ähnlichen Verhältniſs, wie ein etwas gehemmter Hauptstrom. Um über die Wahrheit dieser Behauptung keinen Zweifel zu lassen, schaltete ich in die Hauptleitung bei ihrem Uebergange auf die Auſsenseite der Batterie einen Platindraht von 15 Zoll 10½ Lin. Länge ein; davon wogen 16 Zoll 3 Lin. 0,129 Gr., was bei einem spec. Gewicht, zu 19,3 angenommen, einen Durchmesser dieses Drahtes $=0''',109$ giebt. Es entstand so die nachstehende Versuchsreihe:

| Einschaltung. | 4'. | 8'. | 12'. | 16'. | 20'. | 24'. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 4,56 | 9,51 | 12,22 | 13,61 | 14,69 | 15,25 |
| III | 2,41 | 6,12 | 9,03 | 10,34 | 11,66 | 12,37 |
| VII | 1,53 | 4,47 | 6,62 | 7,81 | 8,92 | 9,42 |
| Eisen IV | 1,37 | 4,33 | 6,97 | 8,58 | 9,92 | 10,66 |
| Kupfer IV | 2,82 | 7,06 | 10,21 | 11,46 | 13,08 | 13,72 |
| | *B.* | *B.* | *B.* | *B.* | *B.* | *B.* |
| III | 0,892 | 0,554 | 0,353 | 0,326 | 0,260 | 0,233 |
| VII | 1,980 | 1,128 | 0,846 | 0,743 | 0,647 | 0,619 |
| Eisen IV | 2,330 | 1,196 | 0,753 | 0,586 | 0,480 | 0,431 |
| Kupfer IV | 0,617 | 0,347 | 0,197 | 0,188 | 0,123 | 0,112 |

Alle Erwärmungen in der Nebenschliefsung bei den verschiedenen eingeschalteten Drähten gehen eine erst schneller, dann langsamer steigende Reihe durch. Die Einwirkung der Drähte oder *B* ist erst grofs und senkt sich allmälig auf den früher beobachteten Werth zurück, nur dafs Spirale III und Kupfer, selbst Spirale VII unter die eben gefundene Gränze sinken, indem mit fortgenommenem *H* der Strom sich im Hauptdraht schneller bewegt und diese Abnahme veranlafst. Eisen hält sich am besten, ja es nimmt im Anfange der Reihe so an Wirksamkeit zu, dafs es bei 4' und 8' noch mehr als Spirale VII schwächt; ein Fehler in der Beobachtung ist hier um so weniger zulässig, als ich diese Einschaltungen mehrere Male hinter einander stets mit demselben Erfolge geprüft habe. — Die eben gefundenen Verhält- nisse charakterisiren sicher den abgezweigten Str[illegible] fragt sich also, ob beim Nebenstrom ein Gl[illegible] finde. Hierzu spannte ich die beiden K[illegible] 4 Linien im Lichten von einander [illegible] an, und zweigte von dem Dra[illegible] giebt, nach und nach ebenfal[illegible] mit Drähten von 70 Zoll [illegible] bis sechs Mal um den [illegible] gen hatte, damit eine [illegible]

gang der Elektricität von einem Draht zum andern begünstigt würde, und andererseits doch eine sichere verschiebbare Verbindung bliebe. $H$ war nicht in der Hauptleitung. Die Beobachtungen gaben folgende Erwärmungen in $N$:

| Einschaltung. | 4'. | 8'. | 12'. | 16'. | 20'. | 24'. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 2,12 | 6,09 | 8,67 | 11,10 | 12,00 | 13,56 |
| III | 1,00 | 3,50 | 5,75 | 7,79 | 8,62 | 10,00 |
| VII | — | 2,44 | 4,37 | 6,21 | 7,12 | 8,19 |
| Eisen IV | — | 2,29 | 4,44 | 6,33 | 7,33 | 8,56 |
| | $B$. | $B$. | $B$. | $B$. | $B$. | $B$. |
| III | 1,120 | 0,740 | 0,508 | 0,425 | 0,392 | 0,358 |
| VII | — | 1,496 | 0,984 | 0,770 | 0,685 | 0,658 |
| Eisen IV | — | 1,659 | 0,953 | 0,753 | 0,637 | 0,586 |

Wie man sieht bleiben sich alle Verhältnisse ganz gleich, selbst der Eisendraht No. IV zeigt bei 8' den Uebergang über Spirale VII. Die Werthe von $B$ sind zwar gröfser; allein diese hängen, wie ich schon bemerkt habe, allein von der Verzögerung ab, die im Hauptstrome stattfindet. Der Nebenstrom steht also nur in einem ähnlichen Verhältnifs, wie ein etwas gehemmter Hauptstrom. Um über die Wahrheit dieser Behauptung keinen Zweifel zu lassen, schaltete ich in die Hauptleitung bei ihrem Uebergange auf die Aufsenseite der Batterie einen Platindraht von [illegible] 10¼ Lin. Länge ein; [illegible] 10 Gr. was bei einem [illegible] Durchmesser [illegible] so die nach-

| Einschaltung. | 4'. | 8'. | 12'. | 16'. | 20'. | 24'. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 3,00 | 8,94 | 13,09 | 15,67 | 17,73 | 19,47 |
| III | 1,25 | 5,21 | 8,65 | 11,00 | 13,04 | 14,75 |
| VII | — | 3,71 | 6,58 | 8,67 | 10,42 | 11,81 |
| Eisen IV | — | 3,87 | 7,21 | 9,54 | 11,62 | 13,37 |
| | *B.* | *B.* | *B.* | *B.* | *B.* | *B.* |
| III | 1,400 | 0,716 | 0,513 | 0,425 | 0,359 | 0,320 |
| VII | — | 1,409 | 0,986 | 0,807 | 0,702 | 0,648 |
| Eisen IV | — | 1,301 | 0,815 | 0,642 | 0,526 | 0,456 |

In dieser Reihe haben die Verzögerungskräfte *B* nahe dieselben Werthe, wie vorhin, nur steht wieder Eisen No. IV unter Spirale VII.

Uebersieht man die vorstehenden Untersuchungen, so wird der Schlufs vollkommen gerechtfertigt seyn, dafs in dem einen Zweige eines getheilten Schliefsungsdrahtes der Batterie derselbe Strom auftritt, welcher bisher als Nebenstrom untersucht worden ist.

Meiningen, Juli 1843.

## IV. *Ueber die chemische Zusammensetzung der Producte der freiwilligen Zersetzung der Kobalt- und Nickelerze;*

*von* **Carl Kersten** *in Freiberg.*

Der nachfolgende Aufsatz ist das Resultat einer Arbeit, welche mich, mit Unterbrechungen, einige Jahre beschäftigt hat, veranlafst und begünstigt durch mehrere glückliche Umstände.

Einmal gelangte ich in Besitz einer Parthie der reinsten, frischesten Kobaltblüthe, worunter völlig ausgebildete, durchsichtige Krystalle waren, und dann verstattete mir Hr. Vice-Ober-Einfahrer B. v. Herder die Sammlung seines verstorbenen Vaters nicht nur zum Studium, sondern versah mich auch daraus auf die liberalste Weise vielfach mit Material zu den folgenden Analysen.

### I. Ueber die Producte der freiwilligen Zersetzung der Kobalterze.

Diese Producte sind dreierlei: Kobaltblüthe, Kobaltbeschlag und, in seltenen Fällen, Kobaltvitriol. Die ersten beiden Mineralien sind, wie wir später sehen werden, in ihrer chemischen Zusammensetzung ganz von einander verschieden. Während das erste Mineral immer eine constante Zusammensetzung zeigt und ein selbstständiges ist, ist das andere ein veränderliches Gemenge.

#### *A.* Kobaltblüthe.

So weit meine Beobachtungen reichen, ist der Speifskobalt die *einzige* Species der Kobalterze, dessen freiwillige Zersetzung Veranlassung zur Bildung von Kobaltblüthe giebt. Häufig ist sie auf Gängen und Lagern ein Begleiter desselben; dagegen habe ich sie an den

Fundorten des Glanzkobalts und Kobaltkieses, als in Tunaberg, Skutterut, Müsen und Ryddarhyttan, nicht angetroffen, und auch nirgends eigentliche Kobaltblüthe von diesen Orten gesehen. — Wiewohl die Kobaltblüthe häufig auf Gängen und Lagern, auf welchen Speifskobalt bricht, vorkommt, so sah ich doch noch *nie* ein Stück desselben, auf welchem Kobaltblüthe *unmittelbar* aufgesessen hätte. Im Gegentheile findet sie sich meistens auf Klüften auf Quarz, Schwerspath und Kalkspath, am häufigsten auf Quarz- und Calcedondrusen, an denen kein Speifskobalt zu bemerken ist, während dagegen der Kobaltbeschlag auf den Kobalterzen, woraus er entstanden ist, direct als Ueberzug *aufliegt* und damit gemengt ist, oder sie, oder andere Mineralien färbt. Mehrfache Beobachtungen machen es mir im hohen Grade wahrscheinlich, dafs sich Kobaltblüthe und Kobaltbeschlag auf ganz verschiedene Weise bilden. *Die Kobaltblüthe krystallisirt aus Flüssigkeiten, wahrscheinlich aus Auflösungen von arseniksaurem Kobaltoxydul in vitriolischen Wässern* [1]) *als Salz heraus,* während der Kobaltbeschlag das unmittelbare Resultat der Oxydation der Bestandtheile, des Speifskobalts u. s. w. ist, und daher auf den Stücken, woraus er entstanden ist, direct aufliegt, oder wenn diese gänzlich zerstört sind, deren Stelle einnimmt.

Von der Kobaltblüthe sind mir nur zwei Analysen bekannt, nämlich von der Abänderung aus Riegelsdorf in Hessen durch Bucholz, und der aus Allemont durch Laugier.

Bucholz fand darin:

1) Die Kobaltblüthe ist in verdünnten Auflösungen von Eisenvitriol in Wasser leicht löslich. Diese Auflösung zersetzt sie aber bei Concentration; es schlägt sich ein weifses krystallinisches Salz aus arseniksaurem Eisenoxydul bestehend nieder, und in der Flüssigkeit befindet sich schwefelsaures Kobaltoxydul. *K.*

| | |
|---|---|
| 39 | Kobaltoxyd |
| 38 | Arseniksäure und |
| 21 | Wasser |
| 98. | |

Nach dieser Analyse berechnete **Berzelius** für die Kobaltblüthe die Formel:

$$\dot{\text{Co}}^3\dddot{\text{As}}+6\dot{\text{H}}.$$

**Walchner** giebt in seinem Lehrbuche der Mineralogie, Bd. I S. 512, an, die Formel für die Kobaltblüthe sey 3 M.G. Kobaltoxyd, 2 M.G. Arseniksäure und 3 M.G. Wasser, oder $\dot{\text{Co}}^3\dddot{\text{As}}^2+3\dot{\text{H}}$. Für die Kobaltblüthe von Schneeberg führt **Berzelius** (Anwendung des Löthrohrs, 3. Aufl.) die Formel $\dot{\text{Co}}^5\dddot{\text{As}}+5\dot{\text{H}}$ auf.

**Laugier** fand die Kobaltblüthe von Allemont zusammengesetzt aus:

| | |
|---|---|
| 20,5 | Kobaltoxyd |
| 9,2 | Nickeloxyd |
| 6,1 | Eisenoxyd |
| 40,0 | Arseniksäure |
| 24,5 | Wasser |
| 100,3. | |

Hiernach entspräche der Kobaltblüthe die Formel:

$$\dot{\text{Co}}^3\dddot{\text{As}}+9\dot{\text{H}}.$$

Die Annahmen und Angaben über die chemische Zusammensetzung der Kobaltblüthe sind demnach sehr verschieden, und machten eine Wiederholung der Analyse dieses Minerals wünschenswerth. Die derselben unterworfene Kobaltblüthe in mehreren Abänderungen war von Schneeberg, von vorzüglicher Schönheit, fast durchsichtig, lebhaft cochenille-, oder pfirsichblüthroth, und nicht im Geringsten verwittert. Theilweise bestand sie aus einzelnen, $\frac{1}{2}$ Zoll langen, nadelförmigen Krystallen, theilweise aus büschel- und sternförmig auseinanderlaufenden Parthien.

Das spec. Gewicht eines völlig ausgebildeten Krystalls von Rappoldsfundgrube, bei Schneeberg, fand ich zu 2,836.

Die Kobaltblüthe verblafst, wenn sie längere Zeit dem Sonnenlichte ausgesetzt ist, wobei sie zugleich einen geringen Verlust an Wasser zu erleiden scheint. Als eine Parthie zu einer Analyse abgewogener, zarter, frischer Krystallblättchen, zufällig unter einem Uhrglase an einem Orte längere Zeit gestanden hatte, wo sie dem Sonnenlichte sehr ausgesetzt war, wurde sie nachher deutlich verblafst gefunden, die auf der Oberfläche liegenden Blättchen hatten ihre Durchsichtigkeit verloren, und erschienen durchscheinend bis undurchsichtig. Gleichzeitig hatte auch eine geringe Gewichtsabnahme stattgefunden. — Noch vor dem Rothglühen verliert die Kobaltblüthe ihre cochenille- oder pfirsichblüthrothe Farbe. Die Farbenveränderung, welche stattfindet, ist nicht stets dieselbe, sondern meistens bei jedem Stücke verschieden.

In mehreren Lehrbüchern der Mineralogie wird angeführt, die Kobaltblüthe werde bei dem Erhitzen smalteblau. Diese Farbe nimmt sie aber nur in den selten mir vorgekommenen Fällen an, wenn sie ganz reines arseniksaures Kobaltoxydul ist. Ist dagegen ein Theil Kobaltoxydul durch Eisenoxydul ersetzt, wie bei mehreren Abänderungen dieses Minerals von Schneeberg, so ist die Farbe nach dem Glühen, bei Abschlufs der Luft, *grün* in mehreren Varietäten, öfters auch gelblichgrün und leberbraun. Diese Farbenveränderung, welche die Kobaltblüthe durch das Glühen in verschlossenen Gefäfsen erleidet, ist alleinig in der Ausgabe von Wasser begründet, und die *grünen* Abänderungen der Kobaltblüthe vom Rappolder flachem Gange, bei Schneeberg, sind, wie bereits früher von mir gezeigt wurde, wasserfreies arseniksaures Kobaltoxydul, worin ein Theil Kobaltoxydul durch Eisenoxydul ersetzt ist.

$$\left.\begin{matrix}\dot{C}o^3 \\ \dot{F}e^3\end{matrix}\right\} \overset{\because}{As}.$$

Die letzten Antheile Wasser werden in der Kobaltblüthe sehr hartnäckig zurückgehalten, und gehen erst in anhaltender starker Rothglühhitze fort. Eine Ausgabe von arseniger Säure findet bei dem Glühen ganz reiner Kobaltblüthe im Kolben im Allgemeinen nicht statt, und nur einige Male habe ich Spuren davon bemerkt. Die Reactionen der Kobaltblüthe vor dem Löthrohre können als bekannt übergangen werden.

Wasser äufsert auf die Kobaltblüthe beim Digeriren damit keine Einwirkung. Von Salpetersäure wird sie schon in der Kälte leicht zu einer blafsrothen Flüssigkeit vollständig aufgelöst. Es ist hierbei, auch bei Anwendung von Wärme, keine Entwicklung von Stickoxydgas oder eine Abscheidung von arseniger Säure zu bemerken. In Chlorwasserstoffsäure löst sie sich ebenfalls, ohne Unterstützung von Wärme, auf. Die Auflösung ist rosenroth und wird beim Concentriren in der Wärme blau oder grün, wenn sie Eisenoxydul enthält. Erhitzt man Kobaltblüthe mit Kalilauge, so nimmt letztere eine schöne blaue Farbe an, und die Kobaltblüthe färbt sich schwarz.

a) Karmoisinrothe, krystallisirte Kobaltblüthe von der Grube Wolfgang Maafsen, bei Schneeberg.

Qualitative Analyse zeigt, dafs diese Kobaltblüthe aus arseniksaurem Kobaltoxydul, Wasser, geringen Mengen von Eisenoxydul und Spuren von Nickeloxydul bestand, namentlich keine arsenige Säure, Phosphorsäure und Flufssäure enthielt. Das beim Glühen sich entwickelnde Wasser reagirte neutral, und verdampfte auf einem Uhrglase, ohne das Glas anzugreifen und ohne einen Rückstand zu hinterlassen.

Die Bestimmung des Wassers geschah durch Glühen der zerriebenen Krystallblättchen in einer kleinen Glas-

retorte, welche mit einer zuvor gewogenen Röhre mit geschmolzenem Chlorcalcium in Verbindung gesetzt wurde. In dem vorderen Theile der gedachten Röhre waren einige Stückchen geschmolzenen Kalihydrats gelegt. Der Gewichtsverlust der vor dem Versuche mit dem Minerale gewogenen kleinen Retorte stimmte genau mit der Gewichtszunahme der Chlorcalciumröhre, woraus sich ergab, dafs während des Glühens keine höhere Oxydation des Kobaltoxyduls stattgefunden hatte. — Da die Bestimmung des Wassers vorzugsweise wichtig war, so geschah dieselbe durch drei Versuche, wozu jedesmal 1 Gramm reinster Kobaltblüthe verwendet wurde. Nach dem Mittel dieser Versuche ist der Wassergehalt dieses Minerals 24,102 Proc. Die quantitative Ermittlung der übrigen Bestandtheile der Kobaltblüthe geschah durch zwei Analysen. Bei der ersten wurde das Arsenik aus der Auflösung des Minerals in Chlorwasserstoffsäure, nachdem sie zuvor mit schweflichter Säure versetzt und hierauf erwärmt worden war, durch Schwefelwasserstoffgas gefällt. Aus dem erhaltenen Schwefelarsenik wurde der Schwefelgehalt durch Behandlung desselben mit Königswasser, Fällen der Auflösung durch Chlorbaryum u. s. w. bestimmt, und hierdurch die Menge des Arseniks und der diesem entsprechenden Arseniksäure gefunden. Aus der nach der Fällung des Arseniks zurückgebliebenen Flüssigkeit wurden, nachdem sie zuvor eingeengt, mit einigen Tropfen Salpetersäure erhitzt und mit Chlorammonium versetzt worden war, diejenigen Mengen von Eisenoxyd durch bernsteinsaures Ammoniak niedergeschlagen. Da auch diese Scheidungsmethode keine scharfe Trennung des Kobaltoxyduls vom Eisenoxyd gewährt, indem das Eisenoxyd nach dem Glühen jederzeit mit Phosphorsalz in der Wärme grüne, erkaltet blaue Perlen liefert, so wurde die über dem bernsteinsauren Eisenoxyd stehende Flüssigkeit mittelst einer Saugröhre von demselben abgehoben, und dieses mit einer Auflösung von Chlor-

Chlorammonium und kohlensaurem Ammoniak, unter Abschlufs der Luft, digerirt [1]). Auf diese einfache Weise gelang es, dem bernsteinsauren Eisenoxyd die letzten Antheile von Kobaltoxydul so vollständig zu entziehen, dafs das Eisenoxyd nach dem Glühen mit Phosphorsalz nur blafsgelbe Perlen lieferte. Die hierbei erhaltene blafsrosafarbene Flüssigkeit wurde der Hauptflüssigkeit beigefügt, diese durch Schwefelammonium gefällt, der Niederschlag in Königswasser aufgenommen und aus der Auflösung das Kobaltoxydul kochend durch Kalihydrat präcipitirt. Der Niederschlag wurde nach dem Auswaschen geglüht, das geglühte Product im Platintiegel mit Wasser ausgekocht (um die letzten Theile von Kali auszuziehen, welches man auch durch anhaltendes Aussüfsen des hydratischen Kobaltniederschlags, wie diefs beim Nickeloxydul der Fall ist, nicht vollständig abscheiden kann), hierauf getrocknet und durch Wasserstoffgas reducirt.

Das erhaltene Kobaltmetall war nicht pyrophorisch, und enthielt, wie sich aus Behandlung mehrerer damit gesättigter Boraxperlen mit einem Goldkorn im Reductionsfeuer u. s. w. zeigte, nur eine Spur Nickeloxydul. Das bernsteinsaure Eisenoxyd wurde durch Glühen in Oxyd verwandelt.

Die zweite Analyse der Kobaltblüthe geschah durch Schmelzen derjenigen Parthieu, welche zu den Glühversuchen gedient hatten, mit 3 Theilen entwässertem kohlensauren Natron und etwas Salpeter im Platintiegel. Die geschmolzene Masse war schwarz, und der nach dem Auskochen mit Wasser bleibende Rückstand von Oxyden wurde, wie so eben angeführt, zerlegt. Die alkalische Flüssigkeit neutralisirte man in der Wärme mit Essigsäure und fällte sie sodann mit essigsaurem Bleioxyd, Das erhaltene arseniksaure Blei wurde geglüht, gewogen

1) Einigemal lösten sich kleine Mengen von bernsteinsaurem Eisenoxyd auf, die indessen durch Erwärmen der Flüssigkeit sogleich wieder niederfielen.

und ein Theil desselben in möglichst wenig Salpetersäure aufgelöst, und aus dieser Auflösung das Bleioxyd durch Schwefelsäure niedergeschlagen. Aus dem erhaltenen schwefelsauren Bleioxyd berechnete man das Bleioxyd, woraus sich die Menge Arseniksäure in dem ersten Niederschlage ergab.

Nach der ersten Analyse wurde der Arseniksäuregehalt zu 38,66 Proc., nach der zweiten zu 38,20 Proc. gefunden. Beide Resultate differiren hiernach wenig, und die zuletzt befolgte Methode zur Bestimmung der Arseniksäure steht daher, wie ich mehrmals beobachtet habe, der bei der ersten Analyse angewendeten sehr wenig nach, ist nicht so umständlich, wie diese, und zugleich auch weniger zeitraubend. — Nach dem Mittel dieser beiden Analysen und obigen drei Glühungsversuchen besteht die karmoisinrothe krystallisirte Kobaltblüthe von Wolfgang Maafsen, bei Schneeberg, aus:

| | |
|---|---|
| Kobaltoxydul (mit Spur von Nickel) | 36,520 |
| Eisenoxydul | 1,011 |
| Arseniksäure | 38,430 |
| Wasser | 24,102 |
| | 99,962. |

*b*) Pfirsichblüthrothe Kobaltblüthe von Rappold Fundgrube, bei Schneeberg.

Die der Untersuchung unterworfene Kobaltblüthe besafs eine pfirsichblüthrothe, etwas in's Perlgraue geneigte Farbe, und bildete ziemlich vollkommen stängliche Zusammensetzungsstücke, welche an den Kanten durchscheinend waren. Das spec. Gewicht dieser Abänderung Kobaltblüthe wurde etwas höher als das der vorigen, nämlich zu 2,912 gefunden.

Bei dem Erhitzen im Kolben wurde diese Kobaltblüthe, unter Ausgabe von Wasser, zuerst undurchsichtig, dann schmutziggrün, und zeigte nun die gröfste Aehn-

lichkeit mit der grünen Kobaltblüthe von der obengenannten Grube. Beim Glühen in offenen Gefäfsen nahm sie eine schmutzigbraune Farbe an. Diese Farbenveränderung deutete schon einen nicht unbedeutenden Eisengehalt in dieser Varietät Kobaltblüthe an.

Eine Sublimation von arseniger Säure war beim Glühen im Kolben nicht zu bemerken. Das sich entwickelnde Wasser reagirte neutral und hinterliefs beim Verdampfen keinen Rückstand. Wasser zog aus der Kobaltblüthe nichts aus. In dem bei der Analyse erhaltenen Kobaltmetall konnte kein Nickel aufgefunden werden. Diese Abänderung von Kobaltblüthe enthielt ferner keine anderen Basen als die genannten, und keine Phosphorsäure, Schwefelsäure und Flufssäure. Der Wassergehalt wurde durch zwei Versuche, jedesmal mit 2 Grm. zuvor im Wasserbade getrockneten Minerals ermittelt. Bei dem ersten wurde er zu 24,074 Proc., bei dem zweiten zu 24,090 Proc. gefunden. Er betrug daher im Mittel 24,084 Proc. 100 Th. dieser Kobaltblüthe wurden zusammengesetzt gefunden aus:

| | |
|---|---|
| Kobaltoxydul | 33,420 |
| Eisenoxydul | 4,010 |
| Arseniksäure | 38,298 |
| Wasser | 24,084 |
| | 99,812. |

c) Untersuchung eines der Kobaltblüthe verwandten Minerals von Daniel Fundgrube, bei Schneeberg.

Dieses Mineral kommt in Begleitung von grauem Speifskobalt vor, und bildet kleine Kugeln von hell rosarother Farbe, deren Oberfläche drusig und rauh ist. Diese Kugeln sind im Innern sternförmig auseinanderlaufend, wie Wawellit, zeigen Perlmutterglanz, die Häute des Kalkspaths und geben ein weifses Pulver. Die einzelnen Blättchen, woraus die Kugeln bestehen, sind durch-

scheinend und etwas biegsam. Von diesem Minerale bemerkte ich in mehr gedachter Sammlung vier Exemplare. Nach den Etiquetten sind sie sämmtlich von Daniel Fundgrube, 60 Lachter unter Tages, auf dessen Spathgange gefunden worden. Dieses Mineral giebt beim Erhitzen im Kolben neutral reagirendes Wasser, aber keine arsenige Säure aus, und nimmt hierbei eine violette Farbe an. Beim Rösten auf Kohle entwickelt es Arsenikdämpfe. Der Rückstand giebt mit Borax im Oxydationsfeuer ein blaues Glas, woraus beim starken Reduciren auf Kohle kein Nickel metallisch ausgefällt wird. — Das Glas bleibt hierbei rein blau. Wird es hierauf am Platindrahte im Oxydationsfeuer eingeschmolzen, so ist es, sowohl so lange als es warm ist, als nach der Abkühlung blofs blau. Aus diesen Versuchen geht hervor, dafs dieses Mineral kein Nickel- und Eisenoxydul enthält. In Wasser ist dasselbe ganz unlöslich. Salpetersäure löst es mit blafsrother Farbe, ohne Gasentbindung auf. — Nach Ausfällung der Arseniksäure durch essigsaures Bleioxyd und des Kobaltoxyduls durch Schwefelammonium u. s. w. bewirkt oxalsaures Ammoniak einen starken weifsen Niederschlag, welcher aus oxalsaurer Kalkerde besteht. Talkerde und Manganoxydul konnten in der, nach Ausfällung der Kalkerde, zurückgebliebenen Flüssigkeit durch kohlensaures und phosphorsaures Natron nicht aufgefunden werden.

Aus diesen Versuchen folgt, dafs das beschriebene Mineral aus arseniksaurem Kobaltoxydul, arseniksaurer Kalkerde und Wasser besteht. Der Wassergehalt desselben wurde zu 23,9 Proc. gefunden.

Die quantitative Analyse ergab:

| | |
|---|---|
| 38,10 | Arseniksäure |
| 29,19 | Kobaltoxydul |
| 8,00 | Kalkerde |
| 23,90 | Wasser |
| 99,19. | |

Dieses Mineral ist demnach eine Kobaltblüthe, worin ein Theil Kobaltoxydul durch Kalkerde ersetzt ist, und man kann es daher gewissermaſsen als Verbindungsglied zwischen Kobaltblüthe und Pharmakolith betrachten, wiewohl indessen die letztere ein neutrales Salz mit nur 6 Atomen Wasser, nach den Untersuchungen Stromeyer's, ist.

Jedenfalls steht das untersuchte Mineral dem sehr nahe, oder es ist sogar mit demselben identisch, das Levi unter dem Namen *Roselit* beschrieben hat, und welches, nach Children, aus Kobaltoxyd, Arseniksäure, Kalkerde, Talkerde und Wasser zusammengesetzt ist. Die durch die obigen Analysen in mehreren Abänderungen sehr reiner Kobaltblüthe gefundene Wassermenge entspricht 8 At. Es ist demnach die Formel für die Kobaltblüthe:

$$\dot{Co}^3 \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{As} + 8\dot{\bar{H}},$$

oder, da öfters ein Theil Kobaltoxydul durch Eisenoxydul, zuweilen auch durch Kalkerde, und, nach Laugier, auch durch Nickeloxyd ersetzt wird:

$$\left.\begin{matrix}\dot{Co}^3\\ \dot{Fe}^3\\ \dot{Ni}^3\\ \dot{Ca}^3\end{matrix}\right\} \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{As} + 8\dot{\bar{H}}.$$

Die Kobaltblüthe zeigt demnach eine ähnliche Zusammensetzung wie das Blaueisenerz oder der Vivianit, mit dem sie auch, nach G. Rose (Elemente der Krystall. S. 169) gleiche Krystallform besitzt, und für welches Mineral v. Kobell, nach der Analyse von Stromeyer, die Formel $\dot{Fe}^3 \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\bar{P}} + 8\dot{\bar{H}}$ aufstellt, welche Formel auch, nach Rammelsberg, die Analysen zweier krystallisirter Eisenphosphate von New Jersey, die, nach ihm, unstreitig zum Vivianit gehören, am nächsten kommen. Beide Mineralien stehen daher einander sehr nahe, und dürften wohl zu einer chemischen Formation gehören. —

Wir werden später sehen, dafs hierzu auch noch der Nickelocker oder die Nickelblüthe gehört.

Der Umstand, dafs Bucholz in der Kobaltblüthe weniger Wasser fand, als bei vorstehenden Analysen gefunden wurde, ist vielleicht darin begründet, dafs ihm zu seiner Untersuchung kein so reines und frisches Mineral zu Gebote stand, als dem Verfasser.

Während in den Speifskobalten, besonders in den Varietäten aus Sachsen, meistens ein Theil Kobalt durch Nickel ersetzt ist, und beide Metalle in metallischen Verbindungen mehrfach mit einander vorkommen, so ist es auffallend, dafs in allen von mir untersuchten Kobaltblüthen gar kein Nickeloxydul ist, oder nur Spuren davon enthalten sind. Ich suche die Erklärung dieser Erscheinung in dem schwachen Krystallisationsvermögen des arseniksauren Nickeloxyduls, welches, nach meinen Beobachtungen, in der Natur stets nur amorph angetroffen wird, indem die kleinen, zarten, grünen Krystalle auf verwitterten Nickelerzen lagen, kein arseniksaures Nickeloxydul sind.

*B.* Kobaltbeschlag.

Während sich die Kobaltblüthe, nach meiner Ueberzeugung, alleinig aus den Zersetzungsproducten des Speifskobalts bildet, kann sich der Kobaltbeschlag aus mehreren Mineralgattungen erzeugen. Mit Sicherheit möchte ich als diese aber nur den Speifskobalt in seinen verschiedenen Varietäten und den Tesseral-Kobaltkies (Breithaupt's) von *Skutterut* in Norwegen bezeichnen.

Aus dem Glanzkobalte bildete sich ebenfalls mir die Kobaltblüthe nicht, und in Tunaberg versicherte man mir, noch niemals Kobaltbeschlag in den dortigen Glanzkobaltgruben bemerkt zu haben. Auch findet man keinen Kobaltbeschlag auf dem Kobaltkies von Müsen im Siegenthal und von Ryddarhyttan in Westmanland. Welche Mineralspecien, aufser den beiden genannten, noch

Veranlassung zur Bildung des Kobaltbeschlages geben, läfst sich aus dem Grunde schwer ermitteln, weil diese öfters bei seiner Entstehung gänzlich verschwunden sind. Da der Kobaltbeschlag vielfach als Ueberzug und Gemengtheil anderer Mineralien erscheint, so zeigt er zwar im Allgemeinen dem Bergmann die Nähe oder das frühere Vorhandenseyn von metallischen Kobalterzen an, indessen nicht mit Zuverlässigkeit die Species, woraus er entstanden ist.

Ueber die chemische Zusammensetzung des Kobaltbeschlags giebt es sehr verschiedene Annahmen und Angaben. — Bald wird er für verwitterte Kobaltblüthe, bald für arsenigsaures Kobaltoxydul, bald als Gemenge des letzteren Salzes mit arseniksaurem Kobaltoxydul angesehen.

Hr. Prof. Breithaupt führt in seiner vollständigen Charakteristik des Mineralsystems, S. 44, an, dafs der Kobaltbeschlag 3 Aequivalente mehr Wasser als die Kobaltblüthe enthalte! Ich habe mit sechs verschiedenen Abänderungen von Kobaltbeschlag Versuche angestellt, welche als Resultat ergaben, dafs dieses Mineral weder arsenigsaures Kobaltoxydul ist, noch solches in seiner Mischung enthält, sondern blofs ein Gemenge von vieler arseniger Säure, arseniksaurem Kobaltoxydul und Wasser, wie es scheint, in demselben Verhältnisse, wie in der Kobaltblüthe, ist. — Bei dem Digeriren des Kobaltbeschlags mit heifsem Wasser löst sich eine bedeutende Menge arseniger Säure auf, welche aus der Auflösung beim Erkalten krystallisirt. Zuweilen ist diese wäfsrige Auflösung blafs rosenroth gefärbt, und enthält dann Spuren von schwefelsaurem Kobaltoxydul. — Wird der Kobaltbeschlag in einer Retorte schwach erhitzt, so entwikkeln sich zuerst Wasserdämpfe, dann sublimirt sich viel arsenige Säure, aber niemals metallisches Arsenik. Es bleibt hierbei meistens ein violetter Rückstand. Ist der Kobaltbeschlag eisenoxydulhaltig, so besitzt der Rück-

weilen noch einzelne zarte, fleischrothe, durchsichtige, nadelförmige Krystalle. Diese sind in Wasser leicht und vollständig mit blafsrother Farbe löslich, und bestehen blofs aus schwefelsaurem Kobaltoxydul oder Kobaltvitriol, und niemals konnte ich, weder mittelst des Löthrohrs, noch durch Schwefelwasserstoffgas, arsenige Säure oder Arseniksäure in ihnen auffinden. — In der sehr leichten Auflöslichkeit des Kobaltvitriols in Wasser ist es wahrscheinlich begründet, dafs man dieses Salz selten auf Stücken zersetzten Speifskobalts, welche aus den Gruben kommen, findet, sondern meist nur auf solchen Speifskobalten wahrnimmt, welche über Tage unter Umständen sich zersetzten, dafs die Zersetzungsproducte von Wasser nicht ausgelaugt werden konnten.

*D.* Versuche zur künstlichen Darstellung von Kobaltblüthe.

Ungeachtet diesen Versuchen eine längere Zeit gewidmet wurde, so hatten sie doch nur einen geringen Erfolg. Es wurden sowohl saure als möglichst neutrale Auflösungen von Kobaltoxydulhydrat und von arseniksaurem Kobaltoxydul in Arseniksäure, in flachen Schalen im Vacuum, so wie über Schwefelsäure unter Glasglokken, sechs Monate aufbewahrt. Während dieser Zeit hatten sich aus den Flüssigkeiten pfirsichblüthrothe, unvollkommene Kugeln und sternförmige Gruppen ausgeschieden, welche eine auffallende Aehnlichkeit mit natürlicher Kobaltblüthe zeigten, allein eine von dieser verschiedene Zusammensetzung besafsen, indem sie in Wasser löslich waren. Als in gedachte Auflösungen Kalkspath an Platindrähten gehängt wurde, in der Absicht, hierdurch nach und nach basisches Kobaltarseniat auszufällen, setzten sich, während sich der Kalkspath theilweise auflöste, jene kleine carmoisinrothe, nadelförmige Krystalle an, welche der Kobaltblüthe ähnelten; allein die Untersuchung dieser Krystalle zeigte, dafs sie wesentlich aus arseniksaurem Kalk bestanden. Auch die Ver-

suche: durch Hineinhängen von Sodakrystallen, Stücken von Kalihydrat und kohlensaurem Baryt an Platindrähten in obgedachte Auflösungen, basisches Kobaltarseniat krystallisirt zu erhalten, mifslangen, so dafs ich für jetzt alle Hoffnung aufgegeben habe, auf diesen Wegen das beabsichtigte Resultat zu erreichen.

II. Ueber die Producte der freiwilligen Zersetzung der Nickelerze.

Die Nickelerze scheinen sich in feuchter Luft leichter und schneller zu zersetzen als die Kobalterze. Am leichtesten zersetzt sich der weifse Nickelkies (Freiesleben's weifser Kupfernickel) vom weifsen Hirsch und einigen anderen Gruben bei Schneeberg. Dieser läuft sehr bald schwarz an, und wenn man Stücke dieses Minerals zur Hälfte in's Wasser legt, so entstehen auf den, aus dem Wasser hervorragenden Stellen schon nach einigen Monaten apfelgrüne Pünktchen. Auf dieses Mineral dürften hinsichtlich der freiwilligen Zersetzbarkeit, Rothnickelkies und Nickelarsenikglanz folgen. — Ob sich Nickelantimonglanz und Nickelwismuthglanz freiwillig zersetzen, darüber konnte ich mir keine Gewifsheit verschaffen. Findet diefs statt, so zersetzen sie sich wahrscheinlich viel langsamer, als die vorgedachten Specien. Das Product der Zersetzung der Nickelerze ist der *Nickelocker* oder die sogenannte *Nickelblüthe.* Aufser diesem finden sich nur zuweilen noch zarte, grüne, durchsichtige Krystallnadeln. — Nach dem analogen Verhalten, welches Kobalt und Nickel in vielen ihrer Verbindungen zeigen, sollte man vermuthen, dafs das Zersetzungsproduct der Nickelerze, das arseniksaure Nickeloxydul, gleich wie das arseniksaure Kobaltoxydul auch bisweilen krystallisirt auftreten möchte. Diefs ist indessen, nach meinen Beobachtungen, nicht der Fall, denn der Nickelocker erscheint, wie bereits erwähnt, immer amorph. In der Herder'schen Sammlung war auch nicht ein Stück

Nickelocker, welches eine Spur von Krystallisation gezeigt hätte. — Zwar fanden sich auf einigen Stücken von verwittertem weifsen Nickelkiese vom weifsen Hirsch, Neu Glück Fundgrube und von Adam Heber, bei Schneeberg, zarte, apfelgrüne, haarförmige Krystalle, die man für Nickelblüthe hätte halten können. Diese Krystalle bestanden indessen nicht aus arseniksaurem Nickeloxydul, sondern aus einer Verbindung von schwefelsaurem Nickeloxydul und schwefelsaurem Kalk, wahrscheinlich durch Einwirkung der Zersetzungsproducte von Schwefelkies auf Nickelerze und Kalkspath entstanden. Ihre Kleinheit und geringe Menge gestattete keine quantitative Analyse. Die Erscheinung, dafs das arseniksaure Nickeloxydul nicht krystallisirt angetroffen wird, dürfte in dem schwachen Krystallisationsvermögen dieses Salzes ihren Grund haben. Dasselbe geht auch nicht mit in die Kobaltblüthe, bei deren Entstehung, über. Denn in allen von mir untersuchten Kobalblüthen aus dem sächsischen Obergebirge war entweder gar kein Nickel, oder es waren nur Spuren davon darin enthalten, während wohl in den meisten weifsen Speifskobalten, woraus sich die Kobaltblüthe erzeugt, Nickel einen Bestandtheil ausmacht. — Bei dem Erhitzen in einer Retorte gaben die von mir untersuchten Abänderungen von Nikkelocker Wasser aus, welches zuweilen neutral, zuweilen sauer reagirte. Einigemale sublimirte sich dann ein wenig arsenige Säure. Der Rückstand nach dem Glühen des Nickelockers ist mehr oder weniger weingelb. Bei der Behandlung des Nickelockers mit Wasser wurden stets Spuren von Schwefelsäure, öfters auch von schwefelsaurem Nickeloxydul, schwefelsaurem Kobaltoxydul und schwefelsaurem Kalke ausgezogen. — Die Zerlegung des zuvor im Wasserbade getrockneten Nickelockers geschah durch Schmelzen mit kohlensaurem Natron. Die geschmolzenen gelben Massen wurden in Wasser aufgeweicht, und aus der filtrirten Flüssigkeit, nach dem Neu-

tralisiren mit Salpetersäure, das Arsenik als Schwefelarsenik durch Schwefelwasserstoffgas niedergeschlagen. Das Schwefelarsenik wurde mit Königswasser behandelt, und durch Bestimmung seines Schwefelgehalts die Menge Arsenik gefunden.

*A.* Nickelocker vom Hangenden des Gottes Geschicken Stehenden Ganges, bei Schneeberg.

Derselbe gab beim Erhitzen schwachsauer reagirendes Wasser, allein keine arsenige Säure aus. Wasser extrahirte aus demselben eine Spur schwefelsauren Nickeloxyduls und schwefelsauren Kalks. 100 Th. dieses Minerals gaben:

| | |
|---|---|
| 36,20 | Nickeloxydul |
| 1,53 | Kobaltoxydul |
| 38,30 | Arseniksäure |
| 33,91 | Wasser |
| Spur | Eisenoxydul, Kalkerde und Schwefelsäure |
| 99,94. | |

*B.* Nickelocker von Adam Heber Fundgrube.

Das Wasser, welches derselbe beim Glühen ausgiebt, enthält eine Spur Schwefelsäure. Die Flüssigkeit, die durch Digeriren des Nickelockers mit Wasser erhalten wurde, nahm beim Verdampfen eine blafsrothe Farbe an, und enthielt ein wenig schwefelsaures Kobaltoxydul, aber kein Eisenoxydul und keine Kalkerde.

100 Th. des Minerals gaben:

| | |
|---|---|
| 35,00 | Nickeloxydul |
| 2,21 | Eisenoxydul |
| 38,90 | Arseniksäure |
| 24,02 | Wasser |
| Spur | schwefelsaures Kobaltoxydul |
| 100,13. | |

*C.* Nickelocker vom Weifsen Hirsch, bei Schneeberg.

Dieser Nickelocker liefert beim Erhitzen im Glaskolben, nach der Verflüchtigung des Wassers, eine geringe Menge eines weifsen Sublimats von arseniger Säure.

Bei der Digestion des Minerals mit Wasser erhält man eine farblose Flüssigkeit, in welcher oxalsaures Ammoniak eine Spur Kalkerde, und Chlorbaryum eine Spur Schwefelsäure anzeigen. Schwefelwasserstoffgas fällt sehr bald aus dem Wasser ein wenig Schwefelarsenik.

100 Th. dieses Nickelockers gaben:

| | |
|---|---|
| 36,10 | Nickeloxydul (kobalthaltig) |
| 1,10 | Eisenoxydul |
| 37,21 | Arseniksäure |
| 0,52 | arsenige Säure |
| 23,92 | Wasser |
| Spur | Gyps |
| 98,85. | |

Stromeyer und Berthier haben, der Erste den Nickelocker von Riechelsdorf in Hessen, der Zweite den von Allemont analysirt. Mit diesen Analysen stimmen die Untersuchungen der sächsischen Nickelocker-Abänderungen, hinsichtlich des Nickeloxydul- und Arseniksäuregehalts, sehr nahe überein, nur bezüglich des Wassergehalts weichen die letzteren von ersteren ab. — Nach Stromeyer beträgt der Wassergehalt des Nickelockers von Riechelsdorf 24,32, nach Berthier von Allemont 25,5 Proc. Der höchste Wassergehalt, den ich fand, betrug 24,02 Procent.

Der Nickelocker ist demnach ähnlich zusammengesetzt wie die Kobaltblüthe und das Blaueisenerz, und seine Formel ist:

$$\dot{Ni}^3 \overset{\cdot\cdot\cdot}{\ddot{A}}s + 8\dot{\bar{H}}.$$

Die genannten drei Mineralspecien enthalten daher eine gleiche Anzahl Atome Wasser.

In mehrgedachter Sammlung, welche eine Reihe von

Jahren in einem feuchten Parterreraume gestanden hatte, fand sich eine grofse Anzahl von Nickelerzen, welche mit grünen Ausblähungen und Beschlägen von Nickelocker bedeckt waren, zum Theil sich gänzlich in solche umgewandelt hatten. Diese Zersetzungsproducte glichen in ihrer Mischung dem Kobaltbeschlag, und waren Gemenge von wasserhaltigem arseniksauren Nickeloxydul mit arseniger Säure. Alle diejenigen, welche ich untersuchte, enthielten aufserdem geringe Mengen in Wasser auflöslicher Salze, als schwefelsaures Nickeloxydul, schwefelsaures Kobaltoxydul und schwefelsaureu Kalk. Es scheint daher, als seyen aus den Abänderungen von Nikkelocker, welche blofs aus arseniksaurem Nickeloxydul bestehen, die arsenige Säure und die gedachten auflöslichen Salze in den Gruben durch die Grubenfeuchtigkeit und die öfters sauer reagirenden Grubenwasser ausgelaugt worden. Für diese Vermuthung spricht die Beobachtung des Hrn. Plattner [1]) bei Untersuchung kobalt- und nickelhaltiger Silbererze, welche längere Zeit der atmosphärischen Luft ausgesetzt waren, dafs sich bei der stattgefundenen Oxydation, aufser den in Wasser unlöslichen basischen arseniksauren Salzen, auch arsenige Säure und in Wasser lösliche Kobalt- und Nickelsalze bilden, welche sich aus jenen, durch Behandlung mit Wasser, auslaugen lassen.

1) Jahrbuch für den sächsischen Berg- und Hüttenmann.

## V. *Untersuchung über die Producte der trocknen Destillation des Tabacks und die Beschaffenheit des Tabacksrauchs;*
### *von W. C. Zeise.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus den *Kongl. Danske Vidensk. Selsk. Skrifter.* 1843.)

Der Taback verdient wegen des ausgebreiteten Genusses, den er findet, mehr als manche andere Pflanze eine gründliche chemische Untersuchung. Zwar haben wir einige Versuche theils über die chemischen Bestandtheile des Blattes im Allgemeinen (von Vauquelin, und später von Posselt und Reimann), theils und vornehmlich besondere Untersuchungen von Verschiedenen über die in demselben vorkommende eigenthümliche Base, das Nicotin; aber die ersten, die über die chemische Beschaffenheit im Allgemeinen, sind nur wenig lehrreich.

Ueber die Producte der trocknen Destillation des Tabacksblatts hat man eine Untersuchung von Unverdorben (Poggendorff's Annalen, Bd. VIII S. 399), aber diese lehrt auch nicht viel, und, wie das Folgende zeigen wird, sind deren Resultate sehr unvollständig.

Die Benutzung von Brunner's Aspirator bei verschiedenen Arbeiten führte mich auf den Gedanken, denselben als Tabacksraucher anzuwenden, dergestalt dafs der Rauch zu einer näheren Untersuchung gesammelt werden konnte.

Ich habe diefs ganz einfach ausgeführt, indem ich den Aspirator mit einer Glasröhre verband, die zu einem Pfeifenkopf mit angezündetem Taback führte, so jedoch, dafs der Rauch zu einigen Versuchen durch eine Auflösung von Kali, zn anderen durch verdünnte Schwefelsäure, und zu noch anderen durch eine lange, ziemlich

lich weite, mit Glasscherben gefüllte und beständig wohl abgekühlte Glasröhre geleitet wurde. Auf diese Weise, aber auch nur so, erhält man das Verdichtbare des Rauchs, wenn man es nicht von einer Flüssigkeit eingesogen haben will, bequem zurückgehalten. Das Verdichtbare setzt sich dann in Menge als eine braune theerartige Masse auf und zwischen den Glasscherben ab.

Obschon ich auf diese Weise die beim gewöhnlichen Tabackrauchen vorkommenden Producte in hinlänglicher Menge erhielt, so versteht es sich doch leicht, dafs man die, welche bei einer ordentlichen trocknen Destillation entstehen, noch reichlicher erhalten kann. In Betracht, dafs diese im Wesentlichen einerlei seyn müssen mit denen des gewöhnlichen Rauchens, da bei diesem der verbrennende Taback beständig die Zerstörung eines anderen Theils Taback bewirken mufs, die der bei der gewöhnlichen trocknen Destillation gleich ist, habe ich auch, und vornehmlich mit den Producten der trocknen Destillation des Tabacks, Versuche angestellt.

Um diese in erklecklicher Menge zu erhalten, habe ich die Arbeit mit mehren Pfunden Taback auf einmal in den bekannten Eisenflaschen zu Quecksilber vorgenommen, und dabei die Verdichtung der flüchtigen Producte durch eine gute Kühlvorrichtung befördert; doch verband ich die tubulirte Vorlage noch mit einer Glasröhre, enthaltend Glasscherben, in welchem sich, ungeachtet der sehr wohl angewandten Abkühlung des Kühlapparats, noch eine nicht unbedeutende Masse jenes theerartigen Stoffes sammelte.

Bei der trocknen Destillation erhält man, wenn man die Hitze bis zum Glühen des Rückstands steigert, aufser einer grofsen Menge der gewöhnlichen eigentlichen Luftarten, ein Destillat, bestehend aus einer röthlichbraunen wäfsrigen Flüssigkeit und einer schwarzbraunen theerartigen oder vielleicht richtiger fettartigen Masse. Unterwirft man diese, abfiltrirt von der wäfsrigen Flüssigkeit, einer

Destillation unter Zusatz von wenig Wasser, so geht in gerade nicht geringer Menge ein hellgelbes Oel über, das auf dem mit übergegangenen Wasser schwimmt, stark und eigenthümlich riecht. Das mit übergegangene Wasser ist reich an Ammoniak in Verbindung mit Kohlensäure und einer anderen Säure.

Destillirt man hierauf den Rückstand jener Destillation abermals mit Zusatz von verdünnter Schwefelsäure, so erhält man Etwas eines anderen dunkelbraunen Oels, das ebenfalls leichter als Wasser ist, aber ganz anders und unangenehmer riecht, und das nun mit übergegangene Wasser ist sauer.

Der Rückstand ist nun eine schwarze, spröde, harzige Masse, welche im fein geriebenen Zustande mit heifsem Wasser behandelt, so lange als dieses noch sauer wird und eine bräunliche Farbe annimmt, und darauf getrocknet, bei der Behandlung mit Alkohol eine stark gefärbte dunkelbraune Lösung giebt, jedoch einen grofsen Theil eines schwarzbraunen, in Alkohol unlöslichen Stoffs hinterläfst. — Das mit Alkohol Ausgezogene giebt nach Verdunstung des Alkohols eine braune Masse, die bei einer Wärme unterhalb der, welche eine sichtliche Zerstörung herbeiführt, nicht in einen spröden Zustand versetzt werden kann, sondern stets pechartig bleibt, und wahrscheinlich eine Verbindung ist von einem harzigen und einem schwer verdampfbaren öligen Stoff, mittelst dessen der erstere vielleicht in Alkohol löslich ist.

Aus dem nach der Behandlung mit Alkohol getrockneten Rückstand zieht Aceton eine grofse Menge, und giebt damit gleichfalls eine dunkelbraune Lösung, welche jedoch, nach einiger Eindampfung, einen in Aceton schwer auflöslichen Stoff absetzt; dieser ist zuerst braun, aber nach wiederholter Auflösung in kleinen Prismen heifsen Acetons wird er bei Abkühlung grau und von fettartiger Beschaffenheit erhalten. Noch leichter erhält man denselben Stoff beim Kochen jenes Rückstandes mit Ace-

ton und Erkaltenlassen der heifs filtrirten Auflösung. Im Zustande der Reinheit, in welchem er am leichtesten erhalten wird, wenn man ihn zuletzt in heifsem Aether löst und die Lösung erkalten läfst, verhält er sich wie *Paraffin*. — Das Braune, welches den gröfseren Theil ausmacht, ist wahrscheinlich ein Gemenge von mehr oder weniger verschiedenen, aber doch nahe verwandten harzigen Stoffen.

Ein merkenswerthes Verhalten dieses harzigen, mit Aceton behandelten und darauf durch Erwärmung getrockneten Rückstandes ist die aufserordentliche Heftigkeit, mit welcher concentrirte Salpetersäure darauf einwirkt. Kurz nachdem man ein wenig von ihr hinzugesetzt hat, tritt eine besonders lebhafte Verbrennung überall in der Masse ein. Diese enthält Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff; da sie indefs sicher ein gemengter Stoff ist, habe ich nicht die Zeit darauf verwenden mögen, sie quantitativ zu analysiren. Bemerkenswerth ist übrigens, dafs sie weder mit braunem Bleioxyd, noch mit Chromsäure eine etwas heftige Wirkung giebt. Nach Verbrennung mit Salpetersäure bleibt eine graubraune zähe Masse zurück.

Der wäfsrige Theil des ursprünglichen Destillats vom Taback, das nach dem Filtriren ziemlich klar und von röthlichbrauner Farbe ist, giebt bei der Destillation für sich nur wenig eines Oels, das von gleicher Beschaffenheit wie das ersterwähnte ist. Setzt man darauf die Destillation fort, unter Zusatz von verdünnter Schwefelsäure, so erhält man ein blofs wäfsriges, stark saures Destillat. Diese Flüssigkeit ist, wie ich gefunden habe, — merkwürdig genug — im Wesentlichen nichts als eine Lösung von *Buttersäure*.

Der Geruch, der bekanntlich so ausgezeichnet bei dieser Säure ist, verräth sie hier nicht sogleich; denn er ist in der verdünnten Lösung zu sehr durch den Geruch einer Spur von eingemengtem Oel versteckt; auch war

es nur eine nähere Untersuchung, durch welche ich sie hier auffand.

Als ich nämlich jenes Destillat mit ätzendem Kali neutralisirt und die Lösung eingetrocknet hatte, erhielt ich, bei Behandlung der eingetrockneten Masse mit Alkohol, den gröfsten Theil wieder aufgelöst; und als ich diese Lösung wieder eintrocknete, erhielt ich ein Salz, welches mit Phosphorsäure deutlich den Geruch nach Buttersäure gab. Bei Erwärmung unter Zusatz dieser Säure erhielt ich Buttersäure in ihrer ölartigen Beschaffenheit ausgeschieden, und bei Destillation des Salzes mit Phosphorsäure ging Buttersäure über, theils ölartig, theils als gesättigte wäfsrige Auflösung.

Ich neutralisirte nun diefs letzte Destillat, und besonders eine neue Portion des ursprünglichen sauren Destillats, erhalten durch Destillation des rohen wäfsrigen Products, mit Baryt. Durch gehörige [illegible] erhielt ich von beiden Portionen ein krystallisirtes Salz, welches sich in jeder Beziehung als buttersauren Baryt verhielt, namentlich durch die diesem Salze eigenthümliche Bewegung auf der Oberfläche von Wasser, in welchem es aufgelöst wird.

Die wäfsrige alkalische Flüssigkeit, welche mit dem bei Destillation der fettartigen Masse auftretenden Oel in bedeutender Menge übergeht, so wie diejenige, welche mit der weit geringeren Menge Oel bei der Destillation des rohen wäfsrigen Destillats übergeht, enthält aufser Kohlensäure, auch buttersaures Ammoniak; auch ist, wie leicht vorauszusehen, in der wäfsrigen Flüssigkeit welche man durch fortgesetzte Destillation des Rückstands von der fettartigen Masse mit Schwefelsäure bekommt, Buttersäure enthalten.

So weit mir bekannt, ist das Angeführte der erste eigentliche Beweis von der Bildung von Buttersäure bei der Zerstörung der Körper durch Wärme. Möglicherweise wird man sie später als Theil der trocknen Destillation mehrer Körper finden.

Diese Thatsache ist überdiefs merkwürdig durch den Umstand, dafs der Taback die Buttersäure in bedeutender Menge liefert.

Ich mufs zunächst eine Reaction der Buttersäure anführen, die weder von Chevreul noch von Anderen deutlich erwähnt worden ist, ein Umstand, der mich anfangs fast irre geleitet hätte, der nämlich, dafs die buttersauren Salze mit Kopferchlorid, bei Anwendung einer nicht sehr verdünnten Lösung, einen grünen Niederschlag geben.

Da sich dieses Verhalten bei den Salzen der auf angeführte Weise erhaltenen Säure zeigte, so untersuchte ich es bei buttersauren Salzen, die von mir selbst auf die wohl bekannte gewöhnliche Weise bereitet worden, und fand es dabei ganz eben so.

Dasselbe gilt von dem Verhalten mit basisch essig- [illegible] oxyd und salpetersaurem Silberoxyd, mit denen die Salze sowohl der Säure vom Taback als der aus der Butter reichliche weifse Niederschläge gaben.

Nur beim Silberniederschlag ist zu bemerken, dafs der mit den Salzen der Säure vom Taback beim Erhitzen in der Flüssigkeit dunkel wurde, jedoch bei Portionen von verschiedenen Präparaten ungleich stark. Vielleicht hat diefs seinen Grund in der Gegenwart einer Spur von Ameisensäure oder einem anderen Stoff in veränderlicher Menge; allein ich fand diefs Verhalten auch bei einer Portion Buttersäure, erhalten aus Butter durch Zersetzung der Butterseife mittelst Schwefelsäure. Auch mit salpetersaurem Quecksilberoxydul geben die Salze sowohl der Säure aus Butter als der vom Taback einen reichlichen weifsen Niederschlag.

Die bei der trocknen Destillation auftretenden Oele, die sogenannten Brandöle, sind noch im Allgemeinen nur oberflächlich bekannt; denn nur von sehr wenigen kennt man quantitativ die Elementar-Zusammensetzung. Das Brandöl des Tabacks suchte Unverdorben nicht in hinreichend reinem Zustand zu erhalten, und unter kei-

nem der von ihm beschriebenen Tabacksproducte kann ich das von mir im Zustand der Reinheit erhaltene Oel wieder erkennen.

Das bei der Destillation der fettartigen Masse mit Wasser erhaltene Oel habe ich gereinigt, erstlich durch gehöriges Schütteln mit mehren Portionen Wasser, dann durch Stehenlassen über Chlorcalcium zur Abscheidung des Wassers, und darauf durch Filtriren und zweimaliges Rectificiren. Bei der Rectification blieb stets etwas einer braunen theerartigen Masse zurück, jedoch bei der zweiten Rectification nur sehr wenig; aber diefs gehört doch zu den Oelen, die für sich nicht ganz unverändert überdestillirt werden können. Zur Untersuchung wählte ich die bei der Rectification erhaltene erste Hälfte.

Sogleich nach der Destillation hat es nur eine sehr blafsgelbliche Farbe, und eigentlich scheint es farblos überzugehen; aber beim Stehen, selbst in wohl zugepfropften Flaschen, nimmt es doch, wahrscheinlich durch Zutritt von Luft, eine bräunliche und nach ein Paar Tagen sogar eine braune Farbe an. Es erhält sich vollkommen durchsichtig. Sein spec. Gewicht ist 0,870. Der Siedpunkt ist ungefähr bei 195°. Es kann ziemlich leicht angezündet werden, und verbrennt mit einer stark leuchtenden, aber dabei auch stark rufsenden Flamme. Wasser löst so gut wie nichts davon auf, Alkohol und Aether lösen es in jedem Verhältnifs. Gegen Probefarben ist es vollkommen indifferent. Jod löst sich darin ruhig mit brauner Farbe. Es saugt trocknes Salzsäuregas ein, aber nicht in grofser Menge, wird dabei etwas dickflüssig und lebhaft bräunlichroth; bei Zutritt von Ammoniak nimmt es wieder die blafsgelbe Farbe an.

Eine Elementar-Analyse dieses Oels hat gelehrt, dafs es sich wie ein ziemlich reiner Stoff verhält, was nicht häufig ist bei dergleichen Körpern, die so oft Verbindungen von nahe verwandten Stoffen sind, die gewöhnlich gesondert erhalten werden.

Da dieses Oel einerseits nicht zu den sehr flüchti gen Stoffen gehört, und deshalb recht gut auf gewöhn liche Weise ohne merklichen Verlust abgewogen wer den kann, andererseits in höherer Temperatur nicht ganz unverändert verdampft, und deshalb bei einer Analyse nicht auf gewöhnliche Weise in einer kleinen Glaskugel behandelt werden kann, weil diese inwendig mit einer unverbrannten harzigen Haut überzogen werden würde, so wählte ich zur Analyse folgenden Weg. Ich bestimmte das Gewicht einer kleinen Portion Oel in einer Flasche mit darin gesetzten spitzen Trichter, tröpfelte darauf Oel aus der Flasche in die mit einem Gemenge von geglühtem Kupferoxyd und chromsaurem Bleioxyd ungefähr halb gefüllte Verbrennungsröhre und wägte dann wiederum die Flasche mit dem Trichter, wodurch ich also mit voller Genauigkeit eine bestimmte Menge Oel zur Verbrennung erhielt. Die darauf mit geglühtem Oxyd gefüllte Röhre ward nun auf gewöhnliche Weise mit dem Wassersammler und Kohlensäuresammler verbunden, und die Verbrennung dann wie gewöhnlich ausgeführt.

0,594 Grm. Oel gaben 1,552 Kohlensäure und 0,6425 Grm. Wasser. Auf 100 Oel beträgt dies 71,255 Kohlenstoff und 12,012 Wasserstoff, folglich 16,733 Sauerstoff. Bei einem anderen Versuch mit 0,396 Grm. Oel erhielt ich hiemit übereinstimmende Resultate.

Berechnet man nun das Verhältnis der Atomenmengen für diese Stoffe, so erhält man nahe folgendes: 11 At. Kohlenstoff, 22 At. Wasserstoff und 2 At. Sauerstoff. Als Zusammensetzung dieses Brandöls kann also angenommen werden:

| | |
|---|---|
| 11C | =825 |
| 22H | =137,256 |
| 2O | =200,000 |
| | 1162 |

darnach giebt die Rechnung auf 100 Theile:

C =71,000
H =11,791
O =17,209

was, wie man sieht, ziemlich mit den Ergebnissen der Erfahrung übereinstimmt.

Ich mufs jedoch bemerken, dafs die Resultate etwas weniger genau sind als es scheint; denn jenes Oel ist nicht frei von einem stickstoffhaltigen Stoff. Die Menge von Stickstoff, die ich bei einem besonders angestellten Versuch erhielt, belief sich auf etwa 3 Procent.

Aufser dem zuvor angeführten Versuch über dieses Stoffes Verhalten zu anderen Stoffen habe ich noch folgende angestellt.

Natrium, in das Tabacks-Brandöl gebracht, scheint in gewöhnlicher Temperatur nicht darauf zu wirken. Kalium dagegen wirkt stark, doch bei gewöhnlicher Temperatur nur langsam. Erwärmt man es aber, so wirken beide Metalle ziemlich lebhaft. Das Oel verändert sich dabei in eine braunrothe, dickflüssige Masse, welche bei Destillation ein gerade nicht leicht verdampfendes blafsgelbes Oel giebt, das aromatisch, stark, eben nicht unangenehm riecht; der Rückstand ist eine pechartige Masse.

Das Merkwürdigste ist sein Verhalten zu Kalihydrat. Hält man es nämlich mit Kalihydrat, unter Zusatz von weniger Wasser, als dessen volle Auflösung verlangt, fünf bis sechs Stunden lang im Kochen, in einem langhalsigen Kolben mit einer kugelführenden Destillationsröhre, deren Kugel mit einer Kappe mit Eis umgeben ist, und destillirt zuletzt, so erhält man ein gelbes Oel, das zwar, wie das angewandte, leichter als Wasser ist, aber ganz anders, weit weniger unangenehm riecht. Diefs ist noch weniger verdampfbar als das ursprünglich angewandte, denn sein Siedpunkt ist 220°. Kalium hält sich, selbst geschmolzen, vollkommen blank darin.

Verdünnt man hierauf den alkalischen Rückstand, trennt durch's Filtrum einen ausgeschiedenen kohlenarti-

gen Stoff ab, neutralisirt mit Schwefelsäure, trocknet ein, zieht die getrocknete Masse mit Alkohol aus und vertreibt den Alkohol, so hat man ein Salz, das sich in jeder Beziehung wie buttersaures Kali verhält. Zum Ueberflufs habe ich mit Phosphorsäure eine Portion Buttersäure davon abdestillirt.

Hieraus kann nun freilich nicht geschlossen werden, dafs diefs Brandöl eine Verbindung von Buttersäure und einem anderen Stoffe sey; denn es ist leicht möglich, ja sogar wahrscheinlich, dafs Wasser hier mit wirkt, aber das Angeführte lehrt unzweifelhaft, dafs zwischen diesen Brandöl und der Buttersäure ein bestimmter und genauer Zusammenhang da ist.

Bei einer ähnlichen Behandlung des Oels mit Barythydrat erhält man weit weniger Buttersäure, und mit einer alkoholischen Kalilösung erhält man gar nichts; letzterer Umstand spricht also dafür, dafs Wasser bei deren Entstehung mittelst Kali mitwirkt.

Bei jener Behandlung mit Kali tritt ein Geruch von Ammoniak auf, doch nicht stark. Ein Versuch über die Zusammensetzung des bei der Behandlung mit Kali erhaltenen Oels gab für 100 Theile:

79,896 Kohlenstoff
10,015 Wasserstoff
10,089 Sauerstoff

Diefs pafst einigermafsen zu 21 At. Kohlenstoff, 32 At. Wasserstoff und 2 At. Sauerstoff. Allein obschon es durch langes Kochen mit 3 Portionen Kali erhalten worden, so kann es doch zweifelhaft seyn, dafs es ein reiner Stoff war; ich lege daher kein grofses Gewicht auf dieses Resultat.

Das dunkelbraune übelriechende Oel, welches bei Destillation des pechartigen Rückstands mit verdünnter Schwefelsäure übergeht, reagirt sauer, selbst nach dem Auswaschen mit Wasser. Bei der Destillation mit Kalilauge giebt es ein gelbweifses, etwas dickflüssiges, ganz

anders riechendes Oel. Der Rückstand enthält keine Buttersäure, und überdiefs fand ich nichts, was Aufmerksamkeit verdiente.

Was die Producte betrifft, die beim Tabackrauchen erhalten werden, so will ich nur bei denen verweilen, die in verdünnter Schwefelsäure und in verdünnter Kalilauge erhalten werden, wenn man den Rauch einzeln in eine dieser Flüssigkeiten leitet, so wie bei dem, welches sich in der mit Glasscherben gefüllten, wohl abgekühlten Glasröhre absetzt.

In der verdünnten Schwefelsäure scheidet sich beim Einströmen des Tabacksrauches ein gelbgrauer, schlammiger Körper ab, welcher, auf einem Filtrum gesammelt und ausgewaschen, sehr bald eine braunrothe Farbe an der Luft annimmt. Getrocknet ist er pulverförmig; er ist unlöslich nicht blofs in Wasser, Alkohol und Aether, sondern selbst in Kalilauge und verdünnten Säuren. Er ist ohne Geruch. Erhitzt bis zu einem gewissen Punkt, verkohlt er sich.

Derselbe Körper findet sich in dem an buttersaurem Ammoniak reichem Wasser, welches bei trockner Destillation des Tabacks erhalten wird, und scheidet sich auf Zusatz von verdünnter Schwefelsäure aus. Vielleicht giebt er, ehe er die, wahrscheinlich oxydirende Einwirkung der Luft erlitten hat, eine in Wasser auflösliche Verbindung mit Ammoniak. Aber überall habe ich nur sehr kleine Quantitäten davon erhalten, und deshalb ihn keiner genaueren Untersuchung unterwerfen können. Die verdünnte Säure hat übrigens einen Theil Brandöl und Brandharz, so wie eine bedeutende Menge Ammoniak aufgenommen.

Die Kalilauge, durch welche eine hinreichende Menge Tabacksrauch geleitet worden, enthält, aufser Brandöl, Brandharz, Ammoniak, Kohlensäure und etwas Essigsäure, auch eine bedeutende Menge Buttersäure.

Ich habe mich hievon auf folgende Weise über-

zeugt. Ich neutralisirte die Flüssigkeit genau mit Schwefelsäure, und verdampfte ungefähr ein Drittel; es hatte sich dann ein Theil einer theerartigen Masse ausgeschieden. Ich filtrirte diese ab und trocknete das Filtrat nun vollständig ein. Darauf behandelte ich die eingetrocknete Masse mit Alkohol; darin löste sich ein grofser Theil; ich vertrieb den Alkohol und untersuchte die zurückgebliebene Masse. Diese gab mit Schwefelsäure, besonders bei einiger Erwärmung, einen starken Geruch nach Buttersäure, doch etwas gemengt mit dem von Essigsäure; eine verdünnte wäfsrige Lösung davon verhielt sich gegen basisch essigsaures Bleioxyd, salpetersaures Quecksilberoxydul und Kupferchlorid auf die oben angeführte Weise. Zur Einsaugung zog ich Kalilauge dem Barytwasser vor, weil, bei Anwendung dieses, die Röhre häufig durch den ausgeschiedenen kohlensauren Baryt verstopft wird.

Diefs zeigt also, dafs buttersaures Ammoniak ein Hauptbestandtheil des Tabacksrauchs ist, obschon das Brandöl vielleicht in gewisser Hinsicht der wirksamste von ihnen ist.

Diefs Oel erhält man beim eigentlichen Rauchen am reichlichsten, wenn man den Rauch durch die erwähnte, mit Glasscherben gefüllte und abgekühlte Röhre streichen läfst. Alles ist dann zuletzt dick überzogen mit einer theerartigen braunen Masse von dem bekannten Geruch des sogenannten Tabackssafts. Schüttet man hierauf die Scherben in eine Flasche mit weiter Oeffnung, spült die Röhre mit Aether aus und giefst diesen so wie mehr Aether in die Flasche, so erhält man nach einigem Stehenlassen, unter gehörigem Umschütteln, bald eine äufserst stark gefärbte, dunkelbraune Lösung. Beim Filtriren dieser bleibt, wenn nicht zu viel Aether hinzugesetzt ist, ein braungrauer Körper zurück, welcher sich zum Theil in etwas warmen Aether löst, und sich beim Erkalten mit einer blafs bräunlich weifsen Farbe ausscheidet. Die-

ser Stoff verhält sich wie Paraffin. Das, was aufgelöst bleibt ist wahrscheinlich ein Gemenge von buttersaurem, essigsaurem und kohlensaurem Ammoniak.

Nach Verjagen des Aethers von der braunen klaren Lösung bleibt eine braune theerartige Masse zurück. Bei Destillation mit Wasser giebt diese Brandöl und den pechartigen Rückstand.

Die Bestandtheile des Tabacksrauchs wie des Productes der trocknen Destillation des Tabacks sind folglich: ein eigenthümliches Brandöl, Buttersäure, Kohlensäure, Ammoniak, Paraffin, Brandharz und überdiefs Wasser, so wie wahrscheinlich etwas Essigsäüre, mehr oder weniger Kohlenoxydgas und Kohlenwasserstoffgas. Bemerkenswerth ist, dafs sich hier Kreosot gar nicht erzeugt; vielleicht ist aus diesem Grunde der Tabacksrauch weit weniger scharf, namentlich die Augen lange nicht so angreifend, als der Rauch von Holz.

Zum Rauchen habe ich besonders Portorico-Taback angewandt, zur trocknen Destillation dagegen den wohlfeilen Bischof No. 2.

Bekanntlich ist der Genufs von verschiedenen Sorten Taback, besonders beim Rauchen, sehr verschieden. Es könnte demnach ein grofses Interesse haben, die Producte der trocknen Destillation oder des Rauchens von verschiedenen Sorten Taback zu untersuchen. Indefs sind von einer solchen Untersuchung kaum sonderlich lehrreiche Resultate zu erwarten; denn wahrscheinlich werden sich hier, wie in so vielen andern Fällen, die Quantitäten eines Stoffs, welche hinsichtlich des Geruchs und Geschmacks von so bedeutendem Einflufs sind, nicht deutlich bei dem eigentlich chemischen Verhalten zeigen.

Von weit gröfserem Belange ist es unzweifelhaft, eine gründliche Untersuchung über die ursprünglichen Bestandtheile des Tabacks zu erhalten, zunächst um zu erfahren, ob einer von diesen allein oder vielleicht nur gewisse von ihnen zusammen durch eine Umwandlung in der Wärme Buttersäure geben. Auch gedenke ich bei Gelegenheit eine solche Untersuchung auszuführen.

## VI. *Einige Bemerkungen über die Bildung der Gangmassen; von Gustav Bischof.*

Im verflossenen Sommer habe ich frühere Versuche wieder aufgenommen, den Processen nachzuforschen, wodurch die so mannichfaltigen Bildungen der Gangmassen in den Erzgängen entstanden sind. Es ist klar, dafs man hierbei nur solche Mittel anwenden kann, von denen mit Wahrscheinlichkeit anzunehmen ist, dafs sich derselben die Natur bedient habe. So wie die Wasserdämpfe es sind, welche bei vulkanischen Erscheinungen die Hauptrolle spielen, das Emporsteigen der Lava etc. bewirken, eben so ist zu vermuthen, dafs dieses Agens nicht blofs diejenigen Gangmassen aus dem Inneren der Erde in die Spalten geführt habe, welche *nur* diesen Ursprung haben können, sondern dafs es auch im Laufe der Zeit die mannichfaltigsten chemischen Veränderungen in ihnen hervorgebracht habe. So lange, als in den Gängen die Communication zwischen dem Inneren der Erde und ihrer Oberfläche, wenn auch in beschränktem Maafse, stattfand, mufsten die Gewässer, welche durch diese Spalten nur bis dahin drangen, wo Siedhitze herrschte, in Dämpfe sich verwandeln. Diese Wasserdämpfe mufsten die in den Gängen abgelagerten Massen erhitzen, und, je nach ihrer Natur, zersetzen, verändern und zu neuen Bildungen Anlafs geben. Wenn man daher in unseren Laboratorien die Gangmassen ebenfalls der Wirkung der Wasserdämpfe aussetzt, so ahmt man gewifs Processe nach, die in der Natur von Statten gegangen sind. Bringt man dadurch Veränderungen in ihnen hervor, wie wir sie an ihnen in den Gängen wahrnehmen, so ist der Schlufs wohl begründet, dafs diese Veränderungen durch die Wasserdämpfe bewirkt worden seyen. Ist es bei unse-

ren Versuchen erforderlich, die Substanzen, welche der Wirkung der Wasserdämpfe ausgesetzt werden, mehr oder weniger stark zu erhitzen, um in einer kurzen Zeit merkliche Veränderungen hervorzubringen: so ist sogar der Schlufs erlaubt, dafs in der Natur schon durch die gewöhnliche Hitze der Wasserdämpfe dieselben Veränderungen in einer langen Zeit hervorgebracht worden sind. Es steht übrigens der Annahme nichts entgegen, dafs, wenn die Erhitzung der Gewässer in gröfseren Tiefen unter Pressung erfolgte, die Wasserdämpfe bis zu Temperaturgraden erhitzt werden mufsten, welche mehr oder weniger die Siedhitze unter dem einfachen Luftdrucke überstiegen.

Schon *a priori* läfst sich schliefsen, dafs, wenn die Gangmassen Jahrtausende diesen Wirkungen der Wasserdämpfe ausgesetzt blieben, die intensivsten Veränderungen eintreten mufsten. Nun kommen aber in der Natur noch andere Agentien hinzu, die, wie namentlich die Bildung der Mineralquellen zeigt, noch jetzt ihr Spiel treiben. Besonders ist es die Kohlensäure, jenes in seiner Bedeutung noch immer nicht genug gewürdigte Agens, welches theils die Wirkung der Wasserdämpfe unterstützt, theils für sich allein Zersetzungen und neue Bildungen veranlafst. Erwägt man, dafs die Kohlensäure in ungeheuren Strömen nicht blofs in Gegenden auftritt, wo thätige oder erloschene Vulkane sich finden, oder wenigstens Spuren ehemaliger vulkanischer Thätigkeit sich zeigen, sondern auch an Stellen, wo wir blofs neptunische Bildungen wahrnehmen, erwägt man, dafs namentlich aus Bohrlöchern, die nach Salz führenden Schichten getrieben worden, oft die bedeutendsten Kohlensäuregas-Exhalationen ausströmen, so mufs man annehmen, dafs der Procefs, welcher diese Gasentwicklungen hervorruft, eine sehr allgemeine Verbreitung im Inneren der Erde haben müsse.

Indefs Kohlensäure-Exhalationen sind nicht die ein-

zigen Gasentwicklungen aus dem Erdinnern: auch brennbare Gase, Schwefelwasserstoff- und Kohlenwasserstoffgas treten hier und da als eine sehr frequente Erscheinung auf. Auch diese Gase werden daher hier und da auf die Umbildung der Gangmassen eingewirkt haben.

Diese Andeutungen zeigen schon den Weg, welchen ich eingeschlagen habe, um die Natur in ihren Bildungen und Veränderungen der Gangmassen nachzuahmen. Einige der Resultate, welche ich bereits erhalten habe, theile ich hier mit. In einem Werke, woran ich in diesem Augenblicke arbeite, und das bis nächste Ostern erscheinen wird, findet sich das Ausführlichere hierüber. Das kürzlich von Blum erschienene schätzenswerthe Werk: »Die Pseudomorphosen des Mineralreichs, Stuttgart 1843,« unterstützte mich recht sehr in meinen Untersuchungen, indem die von ihm beschriebenen Erscheinungen mir häufig den Weg zeigten, der einzuschlagen ist, um der Natur auf die Spur zu kommen. Auch das mit vielem Fleifse ausgearbeitete Handbuch der topographischen Mineralogie von Gustav Leonhard, Heidelberg 1843, diente als guter Wegweiser; denn das Zusammenvorkommen verschiedener Gangmassen, die Art ihres Nebeneinanderseyns giebt nicht selten Winke über die Processe der Veränderungen und Umbildungen in den Gangmassen.

Ich habe unter andern die Schwefelverbindungen des Bleis und Silbers der Wirkung der Wasserdämpfe unterworfen, und es ergab sich als allgemeines Resultat, dafs diese Schwefelmetalle dadurch zersetzt werden.

Bei der Anwendung des Bleiglanzes habe ich nebst den Wasserdämpfen auch Kohlensäuregas zu Hülfe genommen. Es scheint aber, dafs das letztere nicht wesentlich für die bewirkten Zersetzungen ist, sondern dafs die ersteren allein dazu hinreichend sind. Weitere Versuche hierüber werden entscheiden.

Wird Bleiglanz in einer Porcellan oder Glasröhre

mäfsig erhitzt, und lange nicht so weit, dafs er zum Schmelzen kommt, während beständig fort Wasserdämpfe über ihn streichen, so entwickelt sich Schwefelwasserstoff- und Schwefligsäuregas, und der Bleiglanz wird reducirt. Ich habe zwar diese Versuche nicht so lange fortgesetzt, bis aller Bleiglanz reducirt wurde, sondern mich begnügt, diese Zersetzung blofs constatirt zu haben; es ist aber wohl kaum die vollständige Zersetzung zu bezweifeln, wenn der Versuch lange genug fortgesetzt wird. Uebergiefst man den so zersetzten Bleiglanz mit destillirtem Wasser und läfst ihn damit in Berührung mehrere Wochen lang stehen, so tritt die bekannte Erscheinung ein, dafs sich das reducirte Blei mit kohlensaurem Bleioxyd überzieht. Jene Zersetzung des Bleiglanzes durch Wasserdämpfe bietet interessante chemische Verhältnisse dar, von denen jedoch hier zu sprechen, Raum und Zeit nicht gestattet.

Diese Versuche, welche ich noch fortsetze, lassen hoffen, die Aetiologie der mannichfaltigen Umbildungen nachzuweisen, welche der Bleiglanz in der Natur erlitten hat. Ja es scheint, dafs dieses Erz die einzige primitive Bleiverbindung ist, aus welcher alle übrigen Bleierze hervorgegangen sind.

Können wir zwar nicht wohl annehmen, dafs die Natur gerade so operirt habe, wie ich bei meinen Versuchen, so ist doch gewifs keine Frage, dafs die lange Dauer der Einwirkung der Wasserdämpfe auf Bleiglanz die künstliche Erhitzung desselben ersetzt habe. Die Hitze, welche der Bleiglanz von den Wasserdämpfen erhielt, war daher ohne Zweifel hinreichend für seine Zersetzung durch sie. Auch bei meinen Versuchen, wo ein ununterbrochener Strom bedeutender Quantitäten Wasserdampf mit dem erhitzten Bleiglanz in Berührung kam, konnte die Temperatur des letzteren nicht sehr viel über 80° R. steigen, da durch die Dämpfe eine beständige Abkühlung herbeigeführt wurde.

Bei

Bei diesen Versuchen zeigte sich noch eine andere Erscheinung, die vielleicht Licht auf die Art und Weise des Eindringens des Bleiglanzes in die Gangspalten wirft. Die Wasserdämpfe führten nämlich eine nicht unbedeutende Menge davon bis zu einer Entfernung von mehreren Fufs fort. Der Bleiglanz wurde in Stücken angewandt, und das was von ihm unzersetzt durch die Wasserdämpfe fortgeführt wurde, bildete einen ganz feinen Staub. Diese Erscheinung ist nicht neu; denn man weifs, welche beträchtliche Quantitäten Bleiglanz beim Schmelzprocesse in Schachtöfen fortgeführt werden, weshalb auch in neuerer Zeit die Gichtgase in Bleikammern geleitet werden.

Verknüpft man damit die bekannte Erscheinung, dafs mehrere Substanzen durch die Wasserdämpfe in Temperaturen verflüchtigt werden, welche weit unter ihrem Siedpunkte liegen, ja dafs sogar Stoffe, welche in keiner uns bekannten Temperatur sich verflüchtigen, durch sie fortgeführt werden, so wird man von selbst auf die wichtige Bedeutung geführt, welche die Wasserdämpfe auf die Ausfüllung der Gänge von unten herauf gehabt haben mögen. Ich erwähne hier nur die Verflüchtigung des Quecksilbers durch Wasserdämpfe, die Verflüchtigung des Salzes beim Sieden der Soole, und, als einen der merkwürdigsten Fälle, die Verflüchtigung der Kieselerde in einem Fayence-Ofen durch Wasserdämpfe.

Mit grofser Leichtigkeit geht in ganz kurzer Zeit die Zersetzung des künstlichen Schwefelsilbers (das natürliche habe ich noch nicht versucht) durch Wasserdämpfe von Statten. Besonders interessant ist es in geologischer Beziehung, dafs diese Zersetzung bei geringer Hitze, wobei das Schwefelsilber noch lange nicht zum Schmelzen kommt, viel leichter bewirkt wird, als in der Schmelzhitze. Bei einer Temperatur, die unter der Schmelzhitze des Zinks liegt, wurden auffallende Zersetzungen bewirkt. Das reducirte Silber erschien in denselben, baummoos- und drahtförmigen Gestalten, wie das gediegene Silber.

Nicht blofs also wird Zersetzung des Schwefelsilbers bewirkt, sondern das reducirte Silber effloreseirt aus der Masse und bildet jene Gestalten. Ein abermaliges merkwürdiges Beispiel, dafs noch im festen Zustande der Körper eine Beweglichkeit in den kleinsten Theilen stattfindet, wenn nur eine mäfsige Wärme wirkt. Es ist nicht nöthig zu bemerken, wie genügend und ungezwungen aus den angeführten Erscheinungen die Bildung des gediegenen Silbers durch Zersetzung des Silberglanzes erklärt werden kann. Sehr wahrscheinlich hoffe ich es bei weiterer Auseinandersetzung in meinem Werke zu machen, dafs das meiste, wenn nicht alles in der Natur vorkommende gediegene Silber keine primitive, sondern nur eine secundäre Bildung sey. Wie läfst sich auch von einem Metalle, wie das Silber, ungeachtet seines edlen Charakters, annehmen, dafs es, wenn auch je im metallischen Zustande vorhanden, nicht den so verbreiteten Schwefel, zu dem es eine so grofse Verwandtschaft hat, aufgenommen habe, und nur mit diesem vereint (wie es in Beziehung auf sein, in dieser Vererzung häufigstes Vorkommen wirklich der Fall ist) als erste primitive Bildung aufgetreten sey? — So viel scheint gewifs, dafs alles gediegene Silber in den bekannten draht-, baum- und moosartigen Gestalten, selbst wenn man mikroskopische Silberkrystalle darin erblickt, als solches nicht im geschmolzenen Zustande existirt habe. Gewifs würden aus geschmolzenen Silbermassen, wenn sie langsam erstarrt wären, ganz andere Formen des Silbers, eines Metalles, das so leicht in ausgezeichneten Krystallen krystallisirt, hervorgegangen seyn, als wir es in der Regel finden.

Auch auf eine andere Weise, ohne Mitwirkung von Wasserdämpfen, kann sich das künstliche Schwefelsilber zersetzen. Erhitzt man Schwefelsilber, das nicht ganz mit Schwefel gesättigt ist, bis zu einer Temperatur, die wenig über der Siedhitze des Schwefels liegt, und läfst

es dann unter Zutritt der Luft erkalten, so kann man die Reduction unter den Augen von Statten gehen sehen. Man sieht dann aus der festen erhitzten Masse mit bewaffnetem Auge die Silberfäden herausschiefsen. Also auch dann, wenn der Silberglanz im mäfsig erhitzten Zustande in die Gangspalten getreten ist, und dort unter Zutritt der Luft erkaltete, wird sich gediegenes Silber gebildet haben; denn wenn auch bei meinen Versuchen die Zersetzung des künstlichen Schwefelsilbers, in welchem das Metall mit Schwefel gesättigt war, nur unvollkommen von Statten ging, so läfst sich doch denken, dafs das so wichtige und so mächtige geologische Hülfsmittel, die Zeit, auch hier, wo nicht der ungeduldige Chemiker auf den Erfolg wartete, das ihrige gethan haben werde.

Unter den Gangmassen ist nicht leicht eine, welche so sehr die Aufmerksamkeit des Chemikers in Anspruch nimmt, welche, man kann sagen, ihn fast zur Verzweiflung bringt, wenn er sich von ihrem Eindringen in die Gangspalten Rechenschaft zu geben sucht, als der Barytspath. Er ist einer der strengflüssigsten und unauflöslichsten Körper, die wir kennen. In einer Hitze, in welcher ich alle krystallinischen Gebirgsarten, vom Basalt bis zum Porphyr und Granit, mit Leichtigkeit zum Schmelzen brachte, sinterte der Barytspath nur in Berührung mit dem Tiegel etwas zusammen. Um das Eindringen dieser Gangmasse in die Gangspalten zu erklären, scheint uns daher der plutonische wie der neptunische Weg zu verlassen. Geht man indefs in die Sache etwas genauer ein, so gelangt man doch bald zu Processen, von denen es nicht blofs als möglich, sondern sogar als sehr wahrscheinlich anzunehmen ist, dafs die Natur sich ihrer bedient habe, um diesen so strengflüssigen und so unauflöslichen Körper in die Höhe zu bringen.

Finden wir mächtige Gänge mit Barytspath erfüllt, so mag die Erklärung zulässig seyn, dafs er im geschmol-

zenen Zustande aufgestiegen ist. Schon schwieriger wird die Erklärung, wenn wir nur dünne Spalten, wie z. B. auf einem nur 8 Zoll mächtigen Gange in Serpentin in der Gegend von *Waldheim* in *Sachsen*, damit erfüllt sehen; denn mag man auch noch so hoch die Temperatur einer solchen geschmolzenen Masse annehmen, so ist es doch gewifs, dafs die kalten Seitenwände sie sehr bald, und ehe sie bis zu einer nur einigermafsen beträchtlichen Höhe aufgestiegen wäre, zum Erstarren gebracht haben würden. Und welche Gebirgsgesteine sind es, die noch strengflüssiger wie der Barytspath sind, und die mithin der grofsen Hitze in seinem geschmolzenen Zustande hätten widerstehen können? — Würden wir nicht, wenn der Barytspath als geschmolzene Masse aufgestiegen wäre, ihn in der innigsten Vereinigung mit dem Nebengestein, mit ihm zusammengeschmolzen finden?

Noch könnte man sich das Aufsteigen des Barytspaths in Spalten krystallinischer Gebirgsmassen, wie z. B. im Diorit, Glimmerschiefer, Granit etc., durch die Annahme erklären, dafs es erfolgt sey in einer Zeit, wo diese Gesteine selbst noch im glühenden Zustande waren, und mithin die Gangmasse einen langen Weg zurücklegen konnte, ehe sie erstarrte. Nun finden wir aber auch den Barytspath in Gängen in neptunischen Formationen, wie in der Grauwacke, im bunten Sandsteine etc., von denen man doch nicht annehmen kann, dafs sie während seines Aufsteigens im feuerflüssigen Zustande glühend waren. In den kalten Gangspalten solcher neptunischen Gebilde hätte er daher gewifs nicht bis zu Tage aufsteigen können.

Ueberdiefs finden wir den Barytspath in Begleitung mit sehr flüchtigen und leicht zersetzbaren Substanzen. Wollte man daher annehmen, dafs er als geschmolzene Masse in den Gängen aufgestiegen sey, so wäre es nicht denkbar, dafs diese Substanzen mit ihm im Gemenge geblieben wären. So finden wir ihn in Begleitung mit ge-

diegenem Quecksilber, Arsenik, Schwefel und Zinnober; diese Substanzen würden sich daher während seiner krystallinischen Erstarrung verflüchtigt haben, oder wir müfsten annehmen, dafs sie in einer späteren Periode, nachdem der Barytspath schon erkaltet war, die von ihm leer gelassenen Räume ausgefüllt hätten. Allein auch dieser Annahme läfst sich entgegensetzen, dafs doch gewifs die leichtflüssigeren und flüchtigeren Substanzen früher aus dem Inneren der Erde aufgestiegen wären, als der so äufserst strengflüssige und feuerbeständige Barytspath. Was die durch Hitze leicht zersetzbaren Begleiter des Barytspaths, wie den Brauneisenstein, Eisenocher, Eisenkies, Malachit, das kohlensaure Bleioxyd etc., betrifft, so schliefst eine solche Begleitung die Annahme gänzlich aus, dafs diese Substanzen mit dem Barytspath im geschmolzenen Zustande aufgestiegen seyn können: denn wollte man sich auch auf einen grofsen Druck beziehen, der während des Aufsteigens dieser Massen die Zersetzung verhinderte, so würde doch in den höheren Teufen, wo sich diese Substanzen im Gemenge mit dem Barytspath finden, und wo ein solcher Druck nicht mehr gedacht werden könnte, ihre Zersetzung stattgefunden haben. Sollte also der Barytspath als geschmolzene Masse aufgestiegen seyn, so könnte man sich nur denken, dafs jene zersetzbaren Substanzen später zu ihm oder in ihn gedrungen wären. Von dem Brauneisenstein und Eisenocher würde es am leichtesten zu begreifen seyn, dafs sie durch Gewässer zugeführt worden wären. Das so häufige, ja fast allgemeine Vorkommen des Eisenochers im Inneren des Barytspaths, als dünner Ueberzug der Krystallflächen, würde sich sogar dieser Ansicht fügen; denn läfst man Barytspath, der vom Eisenocher durchdrungen ist, mehrere Tage in Salzsäure liegen, so wird alles Eisenoxydhydrat aufgelöst. Ist aber die Säure im Stande zwischen die Krystallflächen einzutreten, so können auch eisenhaltige Wasser denselben Weg genom-

men haben, nachdem der Barytspath schon fertig gebildet worden war.

Das Vorkommen des Barytspaths in Chalcedon-Nieren in einzelnen Krystallen und in gröfseren und kleineren Parthien im Eisenkiesel versenkt, wie zu *Schriesheim*, in einem, durch thonigeisenschüssiges Bindemittel zusammengehaltenen Conglomerate, wie zu *Heddesheim* unfern *Kreuznach*, in Kalkspathdrusen, als Ausfüllung der Höhlungen im thonigen Sphärosiderit, als Versteinerungsmittel von Ammoniten im Lias etc., schliefst die Bildung aus dem geschmolzenen Zustande theils gänzlich aus, theils kann sie nur in so weit als zulässig betrachtet werden, wenn man in einzelnen Fällen annehmen kann, dafs der schon früher in die Spalten gedrungene Barytspath umhüllt wurde von den Substanzen, in denen wir ihn versenkt finden. Zu *Przibram* in *Böhmen* findet man Barytspathkrystalle, welche Eindrücke von Quarz und Kalkspath erlitten haben. Hier mufste er doch noch weich gewesen seyn, als sich auf ihm diese Begleiter gebildet hatten, und man mufste also annehmen, dafs auch diese im geschmolzenen Zustande in einer späteren Periode aufgestiegen wären und sich auf ihm abgelagert hätten, wenn man nicht von seiner Bildung auf feurigem Wege abstrahiren wollte. Könnte man aber auch eine frühere Erhärtung des noch strengflüssigeren Quarzes annehmen, so würde dieselbe Voraussetzung beim Kalkspathe nur schwierig anzunehmen seyn. Und liefse sich wohl denken, dafs Quarz und Kalkspath im feuerflüssigen Gemenge sich einzeln hätten ausscheiden können, ist es nicht vielmehr wahrscheinlicher, dafs sie ein Kalksilicat gebildet hätten? Erklärt sich diese Erscheinung nicht viel ungezwungener durch die Annahme, dafs der Barytspath durch Wasser erweicht war, und eben so auf nassem Wege seine Begleiter sich gebildet und jene Eindrücke veranlafst hatten? Soll ich noch einen Umstand anführen, der für diese Ansicht und gegen die Bildung

auf feuerflüssigem Wege spricht, so ist es der, dafs der in Rede stehende Barytspath auf Gängen in Grauwacke, also in einer neptunischen Formation sich findet, die, nach der vorhin gemachten Bemerkung, die letztere Bildung ausschliefst.

Zu *Wittichen* in *Baden* kommt gediegenes Silber, auf Erzgängen im Granit, in drahtförmigen, baumförmigen und schönen zackigen Gestalten, von Speiskobalt, Erdkobalt und Barytspath begleitet, vor. Gröfsere und kleinere Parthien des Barytspaths erscheinen zum Theil festgehalten und getragen von den damit verwachsenen Silberdrähten. Hier war gewifs das gediegene Silber früher als der Bergspath vorhanden; denn wären beide als geschmolzene Massen aufgestiegen, so würde der bei weitem strengflüssigere Barytspath viel früher als das leichtflüssigere Silber erstarrt seyn. Es würde daher schwierig zu begreifen seyn, wie der früher erstarrte Barytspath von den Silberfäden hätte festgehalten und getragen werden können, und noch weniger würde zu begreifen seyn, warum das so leicht krystallisirbare Silber in Drähten und nicht in gröfseren Krystallen sich gebildet hätte. Eben so hätte das drahtförmige Silber, wenn es in einer früheren Periode gebildet und in einer späteren mit dem feuerflüssigen Barytspath in Berührung gekommen wäre, schmelzen und gröfsere Krystalle bilden müssen. Ohne Schwierigkeit erklärt sich dagegen jenes Vorkommen des gediegenen Silbers mit dem Barytspath durch die Annahme, dafs sich auf dem oben angegebenen Wege das Silber zuerst aus seiner Schwefelverbindung ausgeschieden habe, und dafs späterhin der Barytspath auf nassem Wege auf den Silberfäden gebildet worden sey; also etwa auf ähnliche Weise, wie wir nicht selten krystallisirte Mineralsubstanzen auf Pflanzentheilen finden.

Wie ist nun aber eine Bildung des höchst schwerauflöslichen Barytspaths auf nassem Wege zu begreifen?

— Denken wir uns den Barytspath als eine Urbildung im Inneren der Erde, nehmen wir an, dafs Wasser, welche kohlensaure Alkalien (kohlensaures Natron oder Kali) enthalten, mit ihm in Berührung gekommen seyen, so wird eine theilweise Zersetzung des schwefelsauren Baryts durch die kohlensauren Alkalien von statten gegangen seyn, und kohlensaurer Baryt und ein schwefelsaures Alkali werden sich gebildet haben. An der Bedingung dieser Zersetzung, an der Siedhitze in der Tiefe unserer Erde wird Niemand zweifeln. Aus meinen deshalb angestellten Versuchen folgt indefs, dafs diese Zersetzung selbst noch weit unter der Siedhitze, noch bei 20° R. stattfindet, obgleich mit abnehmender Temperatur der Auflösung des kohlensauren Alkalis die Menge des zersetztwerdenden schwefelsauren Baryts abnimmt. Eben so erfolgt diese Zersetzung noch, wenn die Auflösung dès kohlensauren Alkalis so sehr verdünnt ist, wie in unseren Säuerlingen. Stiegen nun jene Gewässer, welche die Producte der Zersetzung, das schwefelsaure Alkali und den kohlensauren Baryt, aufgenommen hatten, durch Gangspalten auf, wie sie es noch heute thun, so mufsten bei allmäliger Abkühlung sich wieder kohlensaures Alkali und schwefelsaurer Baryt regeneriren. Jenes, auflöslich im Wasser, wurde in den Gewässern fortgeführt, dieser, höchst schwerlöslich, setzte sich ab und bildete den Barytspath in den Gängen. Schon im reinen Wasser ist der kohlensaure Baryt bei weitem weniger schwerlöslich, wie der schwefelsaure Baryt; denn nach Saussure löst er sich in 2304 Th. kochenden Wassers auf. Enthielten jene heifsen Gewässer freie Kohlensäure und befanden sie sich unter einem starken hydrostatischen Drucke, so konnten sie damit gesättigt gewesen seyn. Dadurch mufste sich ihre Auflösungsfähigkeit noch im hohen Grade vermehren, da, nach Hope, Wasser mit Kohlensäure gesättigt $\frac{1}{830}$ kohlensauren Baryt auflöst. So erklärt sich also ganz einfach, wie durch eine, Jahrhunderte und Jahr-

tausende fortgesetzte, Wassercirculation in einer Gangspalte die bedeutendsten Quantitäten Barytspath darin abgesetzt werden konnten. Da kohlensaure Alkalien so frequente Bestandtheile in kalten wie in warmen Mineralquellen sind, so ist es klar, dafs noch jetzt, wenn solche Gewässer in der Tiefe mit Barytspath in Berührung kommen, jene Zersetzungen eintreten müssen, und so begreift man, wie noch jetzt der an sich höchst schwerlösliche Barytspath durch Wasser fortgeführt werden kann. Ich brauche nicht zu bemerken, dafs so manche neuere Bildungen des Barytspaths wahrscheinlich auf diese Weise entstanden sind.

---

## VII. *Ueber die das Cerium begleitenden neuen Metalle Lanthanium und Didymium, so wie über die mit der Yttererde vorkommenden neuen Metalle Erbium und Terbium; von C. G. Mosander*

[Nachstehendes ist ein vom Hrn. Verf. in der Versammlung skandinavischer Naturforscher zu Stockholm im Juli 1842 gehaltener Vortrag. In Ermanglung vollständigerer Nachrichten geben wir einstweilen diesen nach einer im *Phil. Mag. Vol. XXIII p.* 241 mitgetheilten englischen Uebersetzung, die der Major Beamish verfafst und in der Versammlung englischer Naturforscher zu Cork im August d. J. vorgelesen hat.]

---

Obwohl ich wegen Unvollständigkeit der Resultate meiner Untersuchungen über das Cerium und Lanthan nicht die Absicht hatte gegenwärtig eine Mittheilung über diesen Gegenstand zu machen, so schien es mir doch, nach Anhörung der interessanten Vorlesung des Dr. Scheerer [1]), dafs es nützlich seyn könnte, einige bei meinen Arbeiten erlangte Erfahrungen allgemeiner bekannt zu ma-

1) Vergl. Annal. Bd. LVI S. 479 und 503. P.

chen, vorzüglich um anderen Chemikern unnöthigen Zeitverlust zu ersparen.

Als ich vor sehszehn Jahren einige Versuche über das Cerium machte, führten mich verschiedene Umstände zu der Annahme, dafs das Ceroxyd von einem anderen Metalle begleitet seyn möchte; es gelang mir jedoch nicht dasselbe abzutrennen, und Mangel an Material verhinderte mich die Untersuchung fortzusetzen. Vor wenigen Jahren verschaffte ich mir jedoch eine gröfsere Menge Cerit und Cerin, und bereitete daraus das Doppelsalz von schwefelsaurem Ceroxyd und schwefelsaurem Kali; ich wusch das Salz mit einer Lösung von schwefelsaurem Kali, bis die durchgehende Flüssigkeit keine Spur eines Niederschlags mit ätzendem Ammoniak oder kohlensaurem Natron gab. Ich glaubte auf diese Weise ein reines, von allen fremdartigen Substanzen freies Salz zu erhalten. Hierauf wurde das Doppelsalz auf nassem Wege durch kohlensaures Natron zerlegt, und mit dem so erhaltenen kohlensaurem Ceroxydul alle sogleich erwähnten Präparate dargestellt.

Nach langer Untersuchung verschiedener Ceroxydulsalze gelang es mir nicht ein Salz zu entdecken, dafs hauptsächlich aus dem vermutheten neuen Oxyde bestanden hätte, obwohl das Daseyn desselben im Laufe der Versuche immer wahrscheinlicher wurde. Da es bekannt war dafs es zwei Oxydationsstufen des Cers giebt, so hielt ich es für wahrscheinlich, dafs wenn man Ceroxydul-Hydrat, gemengt mit Wasser, der Wirkung des Chlors aussetzte, Ceroxyd gebildet, und das elektro-positivere Metalloxyd in der Flüssigkeit gelöst werden würde; und diefs geschah wirklich zu meiner Zufriedenheit. Als das Chlor in die Flüssigkeit geleitet wurde, begann das Ceroxydul-Hydrat sogleich sein Ansehen zu ändern, das Volum nahm ab, und ein schweres, helles, gelbes oder vielmehr orangenfarbenes Pulver fiel zu Boden. Wenn, nachdem das Chlor keine Veränderung mehr zu bewirken schien, die

Flüssigkeit filtrirt wurde, ging eine farblose, stark nach unterchloriger Säure riechende Lösung durch, aus welcher Kalihydrat im Ueberschufs einen Niederschlag fällte, der, auf einem Filtrum gesammelt, weifs oder in's Violette fallend war. An der Luft begann jedoch dieser Niederschlag bald gelb zu werden. Als der Niederschlag wieder mit Wasser gemengt und Chlor hineingeleitet wurde, löste sich der gröfste Theil desselben, während sich eine neue Portion des gelb gefärbten Oxyds bildete und ungelöst blieb; die filtrirte Flüssigkeit gab mit Kalihydrat wiederum einen Niederschlag, welcher, wie zuvor, mit Chlor behandelt wurde. Diefs wurde fünf oder sechs Mal wiederholt, wo dann endlich das Kalihydrat einen Niederschlag fällte, welcher an der Luft nicht im Mindesten gelb wurde, und sich, in Wasser eingerührt, bei Hineinleitung von Chlor vollständig löste, ohne eine Spur eines gelben Oxyds ungelöst zurückzulassen.

Es war dieses an der Luft oder durch Chlor nicht weiter oxydirbare Oxyd, welchem ich den Namen *Lanthanoxyd* gab, nachdem ich, bei näherer Bekanntschaft mit seinen Eigenschaften, eine andere und einfachere Methode zu seiner Darstellung aufgefunden hatte. Die starke Basicität des neuen Oxyds lieferte ein leichtes Mittel, es vom Ceroxyd zu trennen, durch Behandlung des rothbraunen Oxyds, welches man erhält, wenn sogenanntes salpetersaures Ceroxydul mit Salpetersäure, verdünnt durch 75 bis 100 Mal Wasser, erhitzt wird. Eine so verdünnte Säure läfst den gröfsten Theil des rothbraunen Oxyds ungelöst, und aus der so erhaltenen Lösung gewann ich das Lanthanoxyd, welches ich zu meinen Anfangs 1839 angestellten Versuchen anwandte.

Einige meiner Resultate wurden unglücklicherweise dem Publicum bekannt. Entdecken wir das Oxyd eines bisher unbekannten Körpers, so ist im Allgemeinen nichts leichter als die Eigenschaften dieses Körpers zu bestimmen; und ich glaubte daher in kurzer Zeit einen voll-

ständigen Bericht von meinen Versuchen geben zu können; allein hierin täuschte ich mich sehr. Was einer chemischen Untersuchung zuvörderst einen Werth giebt, ist die Gewifsheit, dafs der untersuchte Körper rein sey, d. h. frei von fremdartigen Substanzen. Ich war indefs nicht weit im Detail meiner Untersuchung vorgeschritten, als ich ersah, dafs das, was ich zuerst für reines Lanthanoxyd gehalten hatte, in der That noch ein Gemenge war von dem neuen Oxyde mit mehren anderen Substanzen, so dafs es mir im Laufe der Versuche gelang, nicht weniger als sieben Substanzen, eine nach der andern, davon abzutrennen. Die erste war, zu meinem grofsen Erstaunen, Kalk, in nicht unbeträchtlicher Menge, und ich fand dabei, dafs schwefelsaurer Kalk und schwefelsaures Kali ein spärlich lösliches Doppelsalz gaben. Späterhin wurden durch Anwendung verschiedener Mittel folgende Oxyde abgeschieden: Eisenoxyd in grofser Menge, Kupfer-, Nikkel-, Ceroxyd, ein dem Uranoxyd ähnliches Oxyd u. s. w. Allein selbst das Oxyd, welches nach Abtrennung aller dieser Substanzen übrig blieb, liefs mich fast in derselben Lage, in der ich mich zu Anfange meiner Untersuchungen befand, so dafs ich, obwohl ich zu Ende des Jahres 1839 glücklich genug war, ein leidlich reines Lanthanoxyd zu erhalten, mich nicht eher als zu Anfang des folgenden Jahres im Stande sah, es mit Leichtigkeit und in gröfserer Menge darzustellen. Ungeachtet aller meiner Anstrengungen gelang es mir jedoch nicht, eine Methode zu entdecken, das Lanthan mit einem Grade analytischer Genauigkeit vom Cerium u. s. w. zu trennen.

Das Lanthanoxyd, so rein als ich es bisher zu erhalten vermochte, besitzt folgende Eigenschaften.

Es ist von heller Lachsfarbe oder fast weifs, nicht im Geringsten röthlich oder braun, und behält sein Ansehen unverändert, wenn es entweder in offenen oder in verschlossenen Gefäfsen bis zur Roth- oder Weifsgluth erhitzt wird; die leichte Farbe scheint von einem

kleinen Rückstand einer fremden Substanz herzurühren. Das Oxyd, wenn auch kurz zuvor bis zur Weiſsgluth erhitzt, verändert im Wasser sein Ansehen bald; es wird schneeweiſs, voluminöser, und geht bei gewöhnlicher Lufttemperatur in 24 Stunden in ein leicht in Wasser schwebendes Hydrat über. Mit siedendem Wasser erfolgt diese Umwandlung sehr rasch und beginnt sogleich. Das frisch geglühte Oxyd, so gut wie das Hydrat, stellen die blaue Farbe des gerötheten Lackmuspapiers sogleich wieder her. Das Lanthanoxyd löst sich leicht in Säuren, selbst in sehr verdünnten. Die Salze, die es mit farblosen Säuren bildet, sind ebenfalls farblos, auch in concentrirten Lösungen. Die Lanthansalze haben einen süſsen, schwach zusammenziehenden Geschmack, und aus ihren Lösungen kann das Lanthanoxyd vollständig abgeschieden werden, wenn man schwefelsaures Kali in hinreichender Menge zusetzt, weil das Doppelsalz aus schwefelsaurem Lanthanoxyd und schwefelsaurem Kali ganz unlöslich ist in einer mit schwefelsaurem Kali gesättigten Lösung. Das Atomgewicht des Lanthanoxyds, so wie es bis dahin in mehren Fällen erhalten wurde, lag um 680 herum, eine Zahl, die indeſs keinen wissenschaftlichen Werth besitzt, seit ich später bemerkte, daſs ein ganz reines Oxyd bisher noch nicht erhalten worden.

Von den dargestellten Salzen will ich nur ein Paar der charakteristischeren kurz erwähnen. Schwefelsaures Lanthanoxyd krystallisirt in kleinen sechsseitigen Prismen mit sechsseitigen Pyramiden, die drei Atome Wasser enthalten. Dieses Salz hat, wie die Sulfate der Yttererde, Thorerde und anderer Oxyde, die Eigenschaft, in warmem Wasser weniger löslich zu seyn als im kalten. Bei 73,°4 F. erfordert 1 Th. wasserfreies schwefelsaures Lanthanoxyd $42\frac{1}{2}$ Th. Wasser zu seiner Lösung; vom siedenden Wasser verlangt es dazu aber ungefähr 115 Th.

Die Krystalle sind sehr langsam löslich, das wasserfreie Salz löst sich aber sogleich. Letzteres mit etwas

kaltem Wasser übergossen, erhitzt sich stark, und das Salz bildet dann eine krystallinische Kruste, welche sich darauf langsam löst. Schüttet man gepülvertes schwefelsaures Lanthanoxyd in Wasser von 35°,6 bis 37°,45 F. und rührt um, mit der Vorsicht, dafs die Flüssigkeit, welche überdiefs an der Aufsenseite abgekühlt wird, niemals eine höhere Temperatur als 55°,4 F. erreicht, so kann ein Theil schwefelsaures Lanthanoxyd in weniger als sechs Theilen Wasser gelöst, und die Lösung, innerhalb der angegebenen Temperaturgränzen, in verschlossenen Gefäfsen Wochen lang unverändert aufbewahrt werden. Wenn man aber die Flüssigkeit allmälig erhitzt und sie dabei 86° F. erreicht, schlagen sich sogleich viele Gruppen kleiner, von einem Centrum auslaufender Krystallnadeln nieder, und wenn diese Krystallisation einmal angefangen hat, ist sie nicht aufzuhalten, wie rasch man auch abkühlen möge. Durch die Anzahl und Form der abgesetzten Gruppen wird die ursprünglich klare Flüssigkeit in wenig Minuten in einen dünnen Brei verwandelt. Wenn bei der Lösung des Salzes auf angegebene Weise ein Theil der Flüssigkeit durch die bei Verbindung des Salzes mit dem Wasser entwickelte Wärme eine höhere Temperatur erlangt, so beginnt sogleich ein Theil des Salzes heraus zu krystallisiren, und wenn diese Erscheinung einmal begonnen hat, fährt sie selbst bei Temperaturen wie 55°,4 und 57°,2 F. noch fort, bis die Lösung nur noch $\frac{2}{87}$ vom Gewicht des wasserfreien Salzes enthält. Das solchergestalt abgesetzte Salz enthält dieselbe Menge Wasser, wie das durch Verdampfung, sey es bei 55°,45 oder 212° F. gebildete Salz. Wenn das schwefelsaure Lanthanoxyd eine Stunde in der Weifsgluth erhalten wird, verliert es die Hälfte seiner Schwefelsäure und das entstandene basische Salz ist unlöslich in Wasser.

Salpetersaures Lanthanoxyd ist ein in Wasser und Alkohol leicht lösliches Salz, welches aus einer bis zu

Syrupssteife abgedampften Lösung in grofsen prismatischen, an feuchter Luft rasch zerfliefslichen Krystallen anschiefst. Dampft man die Lösung bei einer Temperatur von 86° F. und darüber ab, so wird eine trübe milchweifse Masse erhalten. Erhitzt man das Salz vorsichtig, so dafs alles Wasser ausgetrieben wird, so kann das wasserfreie Salz bei einiger Sorgfalt in höherer Temperatur ohne Zersetzung geschmolzen werden, und nach dem Erkalten ähnelt es einem farblosen Glase; allein bei geringster Unachtsamkeit hinsichtlich der Temperatur wird ein Theil der Salpetersäure ausgetrieben, und die geschmolzene Masse ist ein Gemisch von neutralem und basischem Salz, das zu einer schneeweifsen opaken Masse erstarrt, welche einen Moment nach dem Erstarren die merkwürdige Eigenschaft zeigt, in ein voluminöses weifses Pulver zu zerfallen, mit solcher Heftigkeit, dafs, unter einer Art von schwacher Detonation, Theile desselben bis mehre Zoll fortgeschleudert werden.

Das Lanthanoxyd hat eine besondere Neigung basische Salze zu bilden, und nur solche werden durch ätzendes Ammoniak gefällt, in wie grofsem Ueberschufs diefs auch hinzugefügt seyn mag; trifft es sich, dafs es mit einer organischen Säure, wie Weinsäure, verbunden ist, so löst es sich in dem überschüssigen Ammoniak. Mehre der basischen Salze, z. B. das basisch salpetersaure Lanthanoxyd und das basische Lanthanchlorid, zeichnen sich durch die Eigenschaft aus, dafs sie auf dem Filtrum nicht ausgewaschen werden können mit Wasser; vielmehr geht dieses milchig durch, bis nichts mehr auf dem Filtrum ist. Kocht man den erhaltenen Niederschlag mit Wasser, so läuft sogleich das Ganze durch das Filtrum. Läfst man den Niederschlag einige Tage feucht auf dem Filtrum, so verändert er sich in ein neutrales Salz, welches sich in Wasser löst, während kohlensaures Lanthanoxyd auf dem Filtrum zurückbleibt.

In Bezug auf das *Cerium* sind meine Untersuchun-

gen so unvollkommen, wie die über das Lanthan. Ich will jedoch kurz einige Thatsachen nahmhaft machen, die mir für jetzt interessant scheinen.

Das röthlichbraune Pulver, welches nach der Ausziehung des Lanthanoxyds mit verdünnter Salpetersäure zurückbleibt, ist ein Gemenge von Ceroxyd mit Lanthanoxyd und all den oben erwähnten begleitenden Substanzen. Ich war nicht im Stande eine gute Methode zur Darstellung reinen Ceriumoxyds aufzufinden. Die Salze des Ceroxyduls sind, gleich denen des Lanthanoxyds, vollkommen farblos, und das Ceroxydul wird durch schwefelsaures Kali vollständig aus der Lösung gefällt. Wenn Ceroxydul-Hydrat, gefällt durch ätzendes Kali, auf einem Filtrum gesammelt wird, so beginnt es sogleich gelb zu werden, und nachdem die Oxydation so weit als auf diese Weise an der Luft möglich fortgeschritten ist, bleiben nach dem Trocknen opake, hellgelbe Klumpen, welche Wasser enthalten. Nach Vertreibung dieses durch Hitze bleibt sogenanntes Ceroxyd, welches nicht die geringste braune Farbe hat, sondern nach einstündiger Erhitzung in der Weifsgluth einen schwachen Stich in's Rothe besitzt. Wenn das so dargestellte Ceroxyd den geringsten Stich in's Braune hat, oder nach dem Trocknen und Erhitzen dunkel wird, rührt es von fremden Substanzen her.

Diefs gelbe Oxyd enthält jedoch immer Ceroxydul; es ist mir nicht geglückt, Ceroxyd frei von Oxydul zu erhalten. Das hellgelbe Oxyd, welches sich bildet, wenn Ceroxydul-Hydrat, entweder allein oder gemengt mit Lanthanoxyd-Hydrat u. s. w., der Wirkung von Chlor ausgesetzt wird, enthält nicht nur Chlor, sondern sogar Ceroxydul. Wird salpetersaures Ceroxydul erhitzt, so erhält man ein hellgelbes Pulver, aus welchem sich mittelst Salpetersäure viel Ceroxydulsalz ziehen läfst, und wird diese Lösung abermals eingedampft und die trockne Masse erhitzt, so erhält man wieder Ceroxydulsalz, und diefs

diefs bleibt so selbst nach fünfmaliger Wiederholung der Operation. Was ich Ceroxyd nenne, ist also in Wirklichkeit ein Gemenge von Oxyd und Oxydul.

Das geglühte Ceroxyd wird kaum von siedender concentrirter Salzsäure angegriffen, noch weniger von anderen, schwächeren Säuren. Das Hydrat dagegen löst sich leicht in Salzsäure, unter Entwicklung von Chlor; allein selbst nach langem Sieden behält die Lösung eine gelbe Farbe. In schwächeren verdünnten Säuren löst sich kaum eine Spur von Ceroxyd-Hydrat; allein es nimmt eine dunklere gelbe Farbe an und verbindet sich mit einem Theil der angewandten Säure. In Lösungen von kohlensauren Alkalien, namentlich kohlensaurem Ammoniak, löst sich das Ceroxyd-Hydrat in grofser Menge, und die Lösung nimmt eine hellgelbe Farbe an. In Lösungen, die bis zum Sieden erhitzt sind, wird das Ceroxyd durch Kleesäure augenblicklich zu Ceroxydul reducirt, während sich Kohlensäure entwickelt. Mittelst warmer concentrirter Schwefelsäure wird das geglühte Ceroxyd sogleich löslich gemacht, in Folge seiner Verbindung mit der Säure. Neutrales schwefelsaures Ceroxyd ist, getrocknet, schön gelb, wird bei Erhitzung orangegelb und in einer noch höheren Temperatur fast zinnoberroth, nimmt aber beim Erkalten die hellgelbe Farbe wieder an. Das Salz ist in einer kleinen Menge Wasser löslich, erhitzt man aber die Lösung zum Sieden, so wird der gröfsere Theil des Salzes abgesetzt, in Form einer zähen, weichen, halb durchsichtigen und sehr klebrigen Masse. Verdünnt man die concentrirte Lösung, welche rothgelb ist, so wird sie heller gelb, beginnt aber sogleich trüb zu werden und ein schwefelgelbes Pulver abzusetzen, welches ein basisches Salz ist, das 2500 Th. Wasser zu seiner Lösung erfordert. Mit schwefelsaurem Kali giebt das schwefelsaure Ceroxyd ein schön gelbes Salz, welches in einer gesättigten Lösung von schwefelsaurem Kali ganz unlöslich ist; allein das Doppelsalz

kann nicht in Wasser gelöst werden, ohne dafs es sich zersetzt und ein basisches Salz ablagert. Ungeachtet das Ceroxyd fast unlöslich ist in verdünnten Säuren, mufs doch bemerkt werden, dafs es sich, innig gemischt mit anderen leicht löslichen Oxyden, leicht auflöst. Schwefelcerium ist dunkel braunroth.

Das Lanthanoxyd, welches ich zuerst erhielt, war von brauner Farbe, wurde aber nach Erhitzung bis zur Weifsgluth schmutzigweifs. Auch bei Erhitzung in Wasserstoffgas verliert es seine braune Farbe, obwohl dabei nur ein kaum wahrnehmbarer Gewichtsverlust stattfindet. Bei Erhitzung an der Luft kehrt die braune Farbe zurück.

Diese Umstände, vereint mit mehren anderen Erscheinungen, die sich mir bei Untersuchung der Eigenschaften des Lanthanoxyds darboten, veranlafsten mich zu vermuthen, dafs das bisher erhaltene Lanthanoxyd noch von anderen Oxyden begleitet sey; erst zu Anfange 1840 gelang es mir, das Lanthan von derjenigen Substanz zu befreien, welche die braune Farbe bewirkte. Dem Radical dieses neuen Oxyds gab ich den Namen *Didymium* (von dem griechischen Worte δίδυμος, dessen Plural δίδυμοι, Zwillinge, bedeutet), weil es in Gesellschaft des Lanthans entdeckt worden ist. Es ist das Didymoxyd, welches den Salzen des Lanthans und Ceriums die amethystrothe Farbe giebt, die diesen Salzen zugeschrieben ward, eben so auch die braunrothe Farbe, welche die Oxyde derselben Metalle annehmen, wenn sie an der Luft bis zur Rothgluth erhitzt werden. Ungeachtet aller möglichen Sorgfalt ist es mir nicht gelungen diefs Oxyd im Zustand der Reinheit zu erhalten; ich bin nur so weit gediehen, mich zu versichern, dafs auf verschiedene Weise eine constante Verbindung mit Schwefelsäure dargestellt werden kann; allein aus der Menge des Krystallwassers und aus anderen Umständen läfst sich schliefsen, dafs diefs Salz in Wahrheit ein Doppelsalz ist, obwohl ich für jetzt nicht zu sagen vermag, ob

das begleitende Oxyd Lanthanoxyd oder ein anderes sey. Das, was ich jetzt kurz als Didymoxyd beschreiben will, ist die Basis in dem schwefelsauren Salz, dessen Eigenschaften und Darstellungsweise ich nun mittheilen werde.

Das auf verschiedene Weise bereitete schwefelsaure Didymoxyd ist weit löslicher in Wasser als das schwefelsaure Lanthanoxyd. Dieser Umstand veranlafste mich zu versuchen, ob nicht, bei Behandlung eines Gemenges der wasserfreien Salze beider Oxyde mit kleinen Mengen Wasser, Lösungen entständen, welche, je nach der Ordnung, in welcher sie erhalten worden, reicher an Didymoxydsalzen, namentlich am schwefelsauren, seyn würden, während ein beinahe reines schwefelsaures Lanthanoxyd zurückbliebe. Allein nach Untersuchung von fünf gesättigten Lösungen, die nach einander von demselben Gemenge der wasserfreien Salze erhalten worden, fand sich, dafs ein Theil wasserfreies Salz bei dem ersten Versuch in 7,64 Th. Wasser gelöst worden, beim zweiten Versuch in 8,48 Th.; beim dritten in 7,8 Th.; beim vierten in 5 Th. und beim fünften in 7,44 Th.

Diese merkwürdigen Verhältnisse von gelöstem Salz erklärte ich so: Während der ungleichen Temperaturen, welche zufällig entstehen durch die Wärmeentwicklung, die stattfindet, wenn das wasserfreie Salz, beim Zusatz von Wasser, Krystallwasser aufnimmt, bildeten sich Salze von ungleichem Gehalt an Krystallwasser und ungleicher Löslichkeit; um die Richtigkeit dieser Voraussetzung zu prüfen, bereitete ich später die Lösung der Salze auf die schon bei Beschreibung des schwefelsauren Lanthanoxyds angegebene Weise, wobei eben die ungleiche Löslichkeit dieses Salzes bei verschiedener Temperatur entdeckt wurde. Wenn daher die gemischten Salze bei einer nicht 48°,2 F. übersteigenden Temperatur in 6 Th. Wasser gelöst werden und man darauf die erhaltene Lösung bis 104° F. erhitzt, so wird eine Quan-

tität von hell amethystfarbenem Lanthansalz abgesetzt, welches bei 10 bis 15 Mal wiederholter gleicher Behandlung farblos und fast rein wird. Die vom Lanthansalz getrennte amethystfarbene Lösung wird zur Trockne verdampft und das Salz vom Wasser befreit; es wird auf jene beschriebene Weise wiederum gelöst, die Lösung nun aber bis 122° F. erhitzt, und, nachdem sich kein Salz mehr absetzt, filtrirt. Die nun rothe Lösung, verdünnt mit einem gleichen Gewichte Wasser, das mit einer Portion Schwefelsäure angesäuert worden, wird an einem warmen Ort abgedampft. Es bilden sich nun mehre Arten von Krystallen, von denen viele eine bedeutende Gröfse haben und zu Boden fallen. Wenn nur noch ein Sechstel der gewöhnlich gelben Flüssigkeit übrig ist, wird sie abgegossen, die am Boden liegende Salzkruste abgeschieden, und die gesammelten Krystalle mit siedendem Wasser geschüttelt, welches plötzlich abgegossen wird, sobald ihm eine Anzahl kleiner Krystalle folgen. Die zurückgebliebenen grofsen rothen Krystalle bringt man wiederum in Wasser, säuert die Lösung mit Schwefelsäure an, dampft in zuvor beschriebener Weise ab, und trennt die grofsen rothen Krystalle ab, wo es sich bei näherer Untersuchung finden wird, dafs sie ein Gemenge von zwei Arten darstellen. Die einen, welche in Gestalt langer, schmaler, rhomboïdaler Prismen erscheinen, werden herausgenommen, und die übrigen grofsen rothen Krystalle mit vielen Flächen, die, nach Wallmark's Messungen, zum triklinometrischen Systeme gehören, bilden ein Salz, welches ich schwefelsaures Didymoxyd nenne.

Aus einer Lösung eines Didymsalzes wird durch einen Ueberschufs von Kali Didymoxyd-Hydrat niedergeschlagen und auf einem Filtrum gesammelt. Es hat eine bläulich-violette Farbe, absorbirt während des Waschens Kohlensäure aus der Luft, und der Rückstand, der meistens aus kohlensaurem Didymoxyd besteht, ist nach dem Trocknen hell röthlich-violett. Erhitzt man diesen zum

Rothglühen, so gehen Wasser und Kohlensäure leicht davon.

Das auf diese Weise dargestellte Oxyd erhält man als kleine Klumpen, von dunkelbrauner Farbe an der Oberfläche, zuweilen von hellbrauner im Bruch, von Harzglanz, zuweilen fast schwarz, mit dem Glanz und dem Ansehen des dunklen Orthits; zugleich erhält man Theilchen von den verschiedenartigsten Farben, so daſs sie eine Musterkarte der verschiedenartigsten Abänderungen des Orthits, vom hellrothbraunen bis zum fast schwarzen, darstellen. Das Pulver ist hellbraun. Erhitzt man dieses Oxyd zur Weiſsgluth, so nimmt es eine schmutzigweiſse, in's Graugrüne fallende Farbe an.

Das Didymoxyd ist eine schwächere Basis als das Lanthanoxyd. Es hat keine alkalische Reaction, und scheint, nachdem es geglüht worden, kein Wasser zu absorbiren. Es löst sich jedoch ziemlich leicht selbst in verdünnten Säuren, und das braune Oxyd mit einer Gasentwicklung. Es ist unlöslich in kohlensaurem Ammoniak. Seine Salze sind amethystroth, eben so die Lösungen derselben. Letztere werden nicht durch Schwefelwasserstoff-Ammoniak gefällt, sobald man nicht eine groſse Menge von ihm hinzusetzt oder die Flüssigkeit erhitzt, wo dann Schwefelwasserstoff entweicht und ein basisches Salz von einem schwachen Stich in's Rothe niederfällt. Löst man das Oxyd vor dem Löthrohre in Phosphorsäure, so wird die Perle amethystfarben, stark in's Violette fallend, ganz wie von einer Spur Titansäure nach der Reduction.

Das Didymoxyd, auf Platinblech mit kohlensaurem Natron erhitzt, schmilzt zu einer grauweiſsen Masse. Hinsichtlich der Didymsalze will ich im Kurzen die beschreiben, die den zuvor erwähnten Lanthan- und Ceriumsalzen analog sind, wobei ich zugleich anführen muſs, daſs das durch ätzendes Ammoniak gefällte basische Didymsalz gewaschen werden kann, ohne durch das Filtrum zu gehen.

Die Darstellungsweise des schwefelsauren Didymoxyds, so wie das Ansehen desselben, ist bereits angegeben. Diefs Salz ist in Wasser von der gewöhnlichen Temperatur der Luft leicht löslich, obwohl die Krystalle sich sehr langsam lösen. Das wasserfreie Salz löst sich auf einmal, wenn man es vor der Lösung sich nicht mit Krystallwasser verbinden läfst. Sollte diefs der Fall gewesen seyn, indem man das Salz mit nur wenig Wasser übergossen hat, so erhitzt sich die Masse und es bildet sich eine harte Salzkruste, welche gepülvert werden mufs, ehe sie sich leicht lösen kann. Ein Theil wasserfreies schwefelsaures Didymoxyd erfordert bei gewöhnlicher Lufttemperatur fünf Theile Wasser zu seiner Lösung. Bei 127°,4 F. beginnt diese Lösung Krystalle abzusetzen, deren Anzahl in dem Maafse, als die Temperatur steigt, zunimmt, so dafs die siedende Lösung nur einen Theil wasserfreien Salzes auf 50,5 Th. Wasser enthält. Bei schwacher Rothgluth geht ein unbedeutender Theil Schwefelsäure davon; allein nach einstündiger Weifsglühhitze verliert das Salz zwei Drittel seiner Säure. Mit schwefelsaurem Kali giebt das schwefelsaure Didymoxyd ein amethystfarbenes Doppelsalz, welches in einer gesättigten Auflösung von schwefelsaurem Kali ganz unlöslich ist.

Salpetersaures Didymoxyd ist sehr löslich in Wasser und krystallisirt schwierig. Zu einem dünnen Syrup abgedampft, hat die Lösung eine schön rothe Farbe, welche, in gewisser Richtung betrachtet, in's Blaue spielt. Dunstet man die Lösung an einem warmen Orte zur Trockne ein und erhitzt den Rückstand zum Schmelzen, was nicht ohne Zersetzung eines grofsen Theils der Salpetersäure geschehen kann, so erhält man eine rothe Flüssigkeit, welche, erkaltet und erstarrt, nicht so mit Heftigkeit zu Pulver zerfällt wie das entsprechende Lanthansalz, sondern seine Form behält.

Ich mufs bei dieser Gelegenheit noch erwähnen, dafs unter den vielen Körpern, welche ich im Laufe dieser

Untersuchungen zu prüfen genöthigt war, sich auch die Yttererde darbot, und dafs ich fand, dafs diese Erde, frei von fremden Substanzen, vollkommen farblos ist, und vollkommen farblose Salze liefert; doch will ich nicht behaupten, dafs die Amethystfarbe, welche diese Salze für gewöhnlich zeigen, vom Didym herrühre.

Nachschrift [1]). Ueber *Yttererde*, *Terbium* und *Erbium*.

Im letzten Sommer veröffentlichte ich eine kurze Notiz über Yttererde, hinsichtlich welcher Erde die folgenden späterhin entdeckten Thatsachen Beachtung verdienen. Als ich früher angab, dafs reine Yttererde, so wie deren Salze mit farbloser Säure, farblos seyen, so waren meine Versuche nur so weit gediehen, um zu zeigen, dafs alle Yttererden, die ich mir zur Untersuchung verschaffen konnte, mit Leichtigkeit in zwei Portionen zu trennen seyen, von denen die eine eine stärkere farblose Base, die andere eine schwächere ist, welche in dem Maafse als sie frei von Yttererde ist, bei Erhitzung eine mehr intensiv gelbe Farbe annimmt und mit Säuren Salze von röthlicher Farbe giebt. Im folgenden Herbst und Winter setzte ich meine Untersuchungen fort, und ward dadurch nicht nur in den Stand gesetzt, die Richtigkeit meiner früheren Beobachtungen zu bestätigen, sondern auch die unerwartete Entdeckung zu machen, dafs, wie beim Ceriumoxyd, das, was die Chemiker bisher als Yttererde betrachteten, nicht aus blofs einem Oxyd besteht, sondern meistens als ein Gemenge von wenigstens drei betrachtet werden mufs, von denen zwei bisher unbekannt waren, welche aber alle die meisten ihrer chemischen Charaktere gemein haben, und eben deshalb so leicht von den Chemikern als einerlei angesehen wurden.

Die Kennzeichen, welche diese Oxyde von allen übrigen unterscheiden, sind folgende:

*Erstens*. Obgleich diese Oxyde kräftige Salzbasen

1) Datirt vom Juli 1843.

sind, alle mehr als die Beryllerde, so sind sie doch unlöslich in Wasser und ätzenden Alkalien, jedoch andererseits, selbst wenn sie einer starken Hitze ausgesetzt worden, löslich in einer kochenden Lösung von kohlensaurem Natron, wiewohl sich nach einigen Tagen der gröfsere Theil in Form eines Doppelsalzes aus der Lösung abscheidet.

*Zweitens.* Verbunden mit Kohlensäure, sind sie sehr löslich in einer kalten Lösung von kohlensaurem Ammoniak, und wenn diese mit ihnen gesättigt ist, beginnt sogleich ein Doppelsalz von ihren Carbonaten und dem kohlensauren Ammoniak sich abzuscheiden, und zwar in solcher Menge, dafs nach wenig Stunden nur noch sehr wenig Oxyd in der Lösung vorhanden ist. Diefs erklärt die Beobachtung mehrer Chemiker, dafs, wie sie sich ausdrücken, die Yttererde sich zuweilen leicht, zuweilen fast gar nicht in kohlensaurem Ammoniak löse. Die Salze dieser Oxyde haben einen süfsen Geschmack, und die schwefelsauren lösen sich schwieriger in warmem als in kaltem Wasser, und bilden Doppelsalze mit schwefelsaurem Kali, welche in einer gesättigten Auflösung des letzteren unlöslich sind.

Wenn man für die stärkste dieser Basen den Namen *Yttererde* beibehält, die nächste in der Reihe *Terbiumoxyd* und die schwächste *Erbiumoxyd* nennt, so finden sich zwischen diesen drei Substanzen folgende charakteristische Unterschiede.

Die salpetersaure Yttererde ist ungemein zerfliefslich, so sehr, dafs wenn eine geringe Menge der Lösung dieses Salzes Wochen lang an einem warmen Ort steht, das erzeugte Salz nicht frei von Feuchtigkeit ist. Die Lösung des salpetersauren Terbiumoxyds ist von blafs röthlicher Farbe, dampft bald ein und hinterläfst eine strahlige krystallinische Masse, die sich an der Luft, wenn sie nicht sehr feucht ist, nicht verändert. Die Krystalle der schwefelsauren Yttererde sind farblos, und bleiben

in einer Luft, deren Temperatur von 86° bis 158° F. schwankt, Wochen lang klar und durchsichtig, wogegen eine Lösung vom schwefelsauren Terbiumoxyd bei Abdampfen in niederer Temperatur ein Salz liefert, welches sogleich zu einem weifsen Pulver verwittert. Terbiumoxyd, dessen Salze von röthlicher Farbe sind, scheint, im Zustande der Reinheit, gleich der Yttererde farblos zu seyn.

Das Erbiumoxyd weicht von den beiden obgenannten durch die Eigenschaft ab, dafs es beim Erhitzen an der Luft dunkelorange wird, und diese Farbe beim Erhitzen im Wasserstoffgas, unter einem unbedeutenden Gewichtsverlust, wieder verliert. Es ist das Daseyn des Erbiumoxyds, dem die Yttererde ihre gelbe Farbe verdankt, wenn sie wie bisher bereitet wird, und überdiefs ist wahrscheinlich, dafs in all.den Fällen, wo man meinte farblose Yttererde erhalten zu haben, diese angebliche Yttererde meistentheils aus Beryllerde bestand, wenigstens ehe es bekannt war, wie diese Erde vollständig abzuscheiden sey.

Das schwefelsaure und das salpetersaure Erbiumoxyd sind farblos, obwohl die Lösungen des Oxyds in Säuren oft eine gelbe Farbe haben. Das schwefelsaure Salz effloreseirt nicht.

Diese und mehre andere weniger merkwürdige Verschiedenheiten der drei Oxyde, scheinen es mir aufser Zweifel zu setzen, dafs das, was bisher als Yttererde erhalten und beschrieben worden, nichts anderes ist als ein Gemenge jener drei Basen, wenigstens in den Fällen, wo die Yttererde aus Gadolinit, Cerin, Cerit und Orthit bereitet worden. Bis jetzt bin ich jedoch noch nicht so glücklich gewesen, eine einigermafsen leichte oder sichere Weise zur Darstellung des einen oder andern Oxydes im Zustande chemischer Reinheit aufzufinden, und daher werde ich mich für jetzt auf diese kurze Angabe der Thatsachen beschränken.

Zunächst will ich zwei leichte Methoden angeben, mittelst welcher die Chemiker die Richtigkeit der obigen Angaben prüfen können.

Wird ätzendes Ammoniak nach und nach in kleinen Mengen zu einer Lösung von Yttererde in Salzsäure gesetzt, der auf jeden Zusatz entstehende Niederschlag für sich ausgewaschen und getrocknet, so erhält man basische Salze, von denen die zuletzt gefällten farblos sind, und nur Yttererde enthalten. Geht man von dem letzten in umgekehrter Ordnung zurück, so findet man, dafs die Niederschläge mehr durchscheinend und röthlich werden, und mehr und mehr Terbiumoxyd enthalten, während die ersten Niederschläge gröfstentheils Erbiumoxyd, gemischt mit Terbiumoxyd und Yttererde, einschliefsen.

Behandelt man eine Lösung von gewöhnlicher Yttererde in Salpetersäure auf dieselbe Weise, und glüht die verschiedenen Niederschläge für sich, so giebt der erste ein dunkelgelbes Oxyd, die Farbe eines jeden folgenden ist blässer und blässer, bis man zuletzt ein weifses Oxyd bekommt, welches hauptsächlich aus Yttererde besteht, und nur eine unbedeutende Menge Terbiumoxyd enthält.

Bei Anstellung dieser Versuche ist es von Wichtigkeit, dafs die Yttererde frei sey von Eisen, Uran u. s. w., was beträchtliche Schwierigkeiten hat. Es ist daher besser die Fällung mit einer schwachen Lösung von Schwefelwasserstoff-Ammoniak zu beginnen, und erst, wenn der Niederschlag keinen Stich in's Blaugrüne mehr hat, das ätzende Ammoniak in der beschriebenen Weise anzuwenden.

Eine bessere Methode ist im Allgemeinen, dafs man etwas freie Säure zu einer Lösung von Yttererde setzt, und dann eine Auflösung von saurem kleesauren Kali unter fortwährendem Umrühren hinzufügt, bis sich der Niederschlag nicht mehr auflöst. In ein Paar Stunden wird ein Niederschlag entstehen; diesen sondert man ab und behandelt die Lösung wie zuvor, und zwar so lange

als noch ein Niederschlag entsteht. Wird die rückständige Flüssigkeit alsdann mit einem Alkali neutralisirt, so erhält man eine geringe Menge fast reiner kleesaurer Yttererde. Von den Niederschlägen sind die zuerst erhaltenen am krystallinischsten; sie fallen leicht zu Boden, während die letzten mehr pulverförmig sind und langsam niedersinken. Die ersten enthalten meist Erbiumoxyd, gemengt mit Terbiumoxyd und Yttererde, während die letzten immer mehr und mehr Yttererde, gemischt mit Terbiumoxyd, einschliefsen. Die ersten Niederschläge sind immer röthlich und die letzten farblos. Wird ein Gemenge von Oxalaten dieser Basen mit sehr verdünnter Säure behandelt, so bekommt man zuerst ein Salz, das meistens Yttererde enthält, dann eins, das reicher an Terbiumoxyd ist, und das Uebrige enthält hauptsächlich Erbiumoxyd. Es ist mir sogar einmal gelungen ein Doppelsalz von schwefelsaurem Kali und schwefelsaurem Erbiumoxyd (welches in einer gesättigten Lösung von schwefelsaurem Kali schwer löslich ist) zu erhalten, indem ich eine etwas concentrirte Lösung von salpetersaurem Terbiumoxyd und salpetersaurem Erbiumoxyd mit einem Ueberschufs von schwefelsaurem Kali behandelte.

Dafs viel Zeit und Arbeit darauf verwandt wurde, um selbst nur zu den bisherigen Resultaten zu gelangen, wird aus dem Wenigen erhellen, welches ich bekannt zu machen vermochte, besonders, wenn man erwägt, dafs öfters ein oder zwei Gran Yttererde in fast hundert Niederschlägen zerfällt wurden, die ich einzeln untersuchte. Ich lebe indefs der Hoffnung, dafs die bereits erlangte Kenntnifs mich bald in den Stand setzen werde, einen vollständigeren Abrifs von meinen Untersuchungen zu veröffentlichen.

---

## VIII. *Ueber die Versuche, welche von einer Commission des K. Niederländischen Instituts zur Prüfung der angeblichen Eigenschaft des Oels, die Meereswogen zu stillen, angestellt worden sind.*

(Von einem Mitgliede dieser Körperschaft der Pariser Academie mitgetheilt. *Compt. rend. T. XVI p.* 399.)

Die *Annales de chimie et de physique* vom März 1843 enthalten eine Abhandlung des Hrn. van Beek, über die Eigenschaft der Oele, die Wellen zu stillen und die Wasserfläche vollkommen durchsichtig zu machen [1]). Nachdem er für das Daseyn dieser Eigenschaft und ihre Wirksamkeit mehre Zeugnisse beigebracht, geht der Verfasser so weit, dafs er die Idee ausspricht, man hätte an dem Oele, wenn man es bei Sturmeszeiten unweit des Ufers in das Wasser schütte, ein Mittel, Deiche und andere Meeresbauten gegen die Gewalt der Wogen zu schützen.

Eine so gewagte und sonderbare Voraussetzung konnte nicht ermangeln, die Aufmerksamkeit der Gelehrten auf sich zu ziehen; auch hat die Pariser Academie der Wissenschaften so eben eine Commission zu ihrer Prüfung ernannt. Es wird bei dieser Gelegenheit für unsere Leser nicht ohne Nutzen und Interesse seyn, zu erfahren, dafs dieselbe Frage schon in Holland aufgeworfen worden ist.

Hr. van Beek, der Mitglied des K. Niederländischen Instituts ist, machte im vorigen Jahre in einer der Sitzungen der Klasse (der Wissenschaften) den Vorschlag, die Regierung zu bewegen, ihn Versuche anstellen zu lassen, um zu sehen, ob das Oel das Vermögen haben würde, Deiche gegen die Gewalt des Meeres zu schützen.

1) Vergl. Annalen, Bd. LVII S. 419.

Dieser Vorschlag wurde nicht allgemein genehmigt. [an wählte drei Mitglieder, um die Wichtigkeit desselen näher zu prüfen. Da indefs diese drei Personen sich ı ihren Betrachtungen und Ansichten nicht einigen konn-n, so hielt man es, um die Schwierigkeit zu beseiti-en, für's Beste, die Berathung über den Vorschlag zu ertagen, allein sich vorläufig und sogleich einige posive Angaben über besagte Frage zu verschaffen. Demmäfs ernannte man eine Commission aus fünf Mitglieern, und übertrug ihr die Anstellung directer Versuche ber den Einflufs des Oels auf die Wogen nahe bei der üste. Es ist der Bericht dieser Commission, der hier itgetheilt werden wird.

»Die aus Mitgliedern der ersten Klasse des Königl. iederländischen Instituts ernannte Commission, welche auftragt worden ist, über das den Oelen und anderen tten Substanzen zugeschriebene wogenstillende Vermö-n Versuche anzustellen, hat die Ehre, der ersten Klasse igehends den Bericht von dem zu erstatten, was sie er diesen Gegenstand ausgeführt und beobachtet hat.«

»Nachdem die Commission das Dorf *Zandvoort*, an r Nordsee, zum Orte der Versuche ausgewählt, kam überein sich am ersten stürmischen Tag daselbst zu rsammeln.«

»Sie war indefs genöthigt diese Abrede zu ändern d irgend einen Tag festzusetzen, weil es die Jahres-it (Juni) war, wo Stürme selten sind, und weil etwas arke Windstöfse nur eine kurze Dauer haben, es also möglich war sich zur rechten Zeit im besagten Dorfe ı versammeln. Sie entschied sich um so eher hiefür, eil, wenn wirklich das Oel auf ein stark aufgeregtes Vasser den angeblichen Einflufs ausübt, derselbe noch ichter an einem durch Wind von mittlerer Stärke beegten Meere wahrnehmbar seyn müfste. Zwei Comissäre indefs, die sich an einem Tage, da der Wind t Heftigkeit bliefs, auf dem Lande befanden, machten

einen Versuch, indem sie eine kleine Menge Oel auf das Wasser eines Baches schütteten, und eine offenbare Veränderung in dem Ansehen und der Bewegung des Wassers beobachteten.«

»An demselben Tage machte ein anderes Mitglied einen ähnlichen Versuch auf der Spaarne (kleinem Fluſs bei Harlem), und zwar mit demselben Erfolg.«

»Ermuthigt durch diese Beobachtungen, setzte man den 28. Juni zur Anstellung der ferneren Versuche fest.«

»Die Commissäre versammelten sich an dem genannten Tage, morgens 9 Uhr, zu *Zandvoort*. Ein Theil lieſs sich eine kleine Strecke in's Meer fahren, um daselbst Oel auszugieſsen und die Resultate zu beobachten; die andern blieben am Ufer, und da sie nicht wuſsten, wann und wie oft die Ausgieſsungen erfolgten, so konnten sie nur die Wellen betrachten, welche vom Boote nach der Küste rollten. Auf diese Weise konnte ihre Meinung, auf welche nichts Einfluſs hatte, für um so unpartheiischer gehalten werden.«

»Der Wind war SW. und von mittlerer Stärke. Die zu vier Malen, nämlich um $9^h\,43'$, $45'$, $50'$ und $54'$, ausgegossene Oelmenge betrug 15 Liter. Die Fluth war im Steigen, und muſste um $11^h\,21'$ ihre gröſste Höhe erreichen.«

»Sowohl die am Ufer befindlichen Commissäre als die mit der Ausschüttung des Oels beschäftigt gewesenen, konnten keine der Wirkungen beobachten, die man dem Oele zugeschrieben hat; man durfte daher die Frage, ob Oel, unweit unserer Deiche ausgegossen, diese gegen die Wuth der Wogen schützen würde, als verneint beantwortet ansehen.«

»Indeſs hielten es die Commissäre für ihre Pflicht, einen zweiten Versuch in einer etwas gröſseren Entfernung von der Küste anzustellen. Zwei von ihnen lieſsen sich bis jenseits der Brandung fahren und warfen daselbst Anker.«

»Die Entfernung wurde von den Bootsleuten auf 300 Meter geschätzt. Das Bleiloth gab etwa 3 Meter Tiefe und das Meer ging hohl (*houleuse*). Innerhalb 5 Minuten (von 15' bis 10' vor Mittag) wurde die Hälfte von 15 Liter Oel ausgeschüttet, ohne dafs die Commission den mindesten Erfolg in Bezug auf den Gegenstand ihrer Sendung wahrnahmen. Sie sahen das Oel auf dem Wasser schwimmen, theils als Flecke von unregelmäfsiger Gestalt, theils zu einer Haut ausgebreitet, theils gemengt mit dem Schaum der Wogen und an deren Wellenbewegung theilnehmend.«

»Auf der Rückfahrt, als sie die Brandung durchschnitten, liefsen die Commissäre wiederum Oel ausschütten, und sie können bezeugen, dafs diefs keine Verringerung in der Bewegung der Wellen zur Folge hatte, denn sie wurden mehrmals reichlich von ihnen benäfst.«

»Es ist unnöthig hinzuzufügen, dafs die am Ufer Gebliebenen durchaus nichts beobachteten, was der Ausschüttung des Oels hätte zugeschrieben werden können.«

»Nach alle dem, was über diesen Gegenstand gesagt ist, sind die Commissäre erstaunt über das negative Resultat ihrer Versuche. Sie begnügen sich, dasselbe anzugeben, ohne eine Bemerkung hinzuzufügen. Sie halten sich indefs berechtigt, als ihre individuelle Meinung, zu sagen, dafs die Idee, unsere Deiche mittelst Oel zu schützen, keine glückliche ist.«

---

## IX. *Ueber die Magnetisirung natürlicher Magnete von schlechter Beschaffenheit mittelst galvanischer Ströme.*

---

Hr. Billand hat der Pariser Academie eine Notiz überreicht, worin er zeigt, dafs man, zuwider der Angabe in Pouillet's Lehrbuch der Physik, den natürlichen Mag-

net künstlich einen starken und dauerhaften Magnetismus mittheilen kann. Ein solcher von ihm eingesandter Magnet, der vor sechs Jahren von ihm magnetisirt worden war, hatte seitdem nichts Merkliches von seinem Magnetismus verloren.

Das von ihm angewandte Verfahren, wie es in den *Compt. rend. T. XVII p.* 248 beschrieben wird, ist folgendes. Er legt den Magneteisenstein zwischen mäfsig angezündete Kohlen, so dafs er langsam erwärmt wird und die Hitze bis zur dunkeln Rothgluth steigt. Dann bringt er ihn an die Pole eines kleinen Elektromagneten, dessen Drahtgewinde zu einer einfachen Daniell-schen Kette führt, und unterhält den Contact bis zum vollständigen Erkalten des Steins. Ein zweites Verfahren weicht nur darin ab, dafs er den Stein an die entgegengesetzten Pole zweier Elektromagnete legt und eine stärkere Kette anwendet. In beiden Fällen ist es gut, wenn die Stärke des Stroms zunimmt, in dem Maafse als die Temperatur des Steines abnimmt.

Zur Aufsuchung des eben genannten Verfahrens wurde Hr. B., wie er sagt, veranlafst, weil er erfahren, dafs der Mechanikus Clark aus Mangel an einem sehr kräftigen natürlichen Magnet keine elektromagnetische Maschine habe verfertigen können. [Diese Aeufserung klingt auffallend, da man heut zu Tage in der That nicht mehr der natürlichen Magnete bedarf, um Stahlstäbe zu magnetisiren, sondern dazu in den sogenannten Elektromagneten ein weit kräftigeres und leichter zu habendes Hülfsmittel besitzt, das auch schon längst von mehren Mechanikern, namentlich von Hrn. Stöhrer in Leipzig, mit Erfolg hiezu angewandt worden ist. *P.*].

1843. ANNALEN №. 11.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LX.

## I. *Achtzehnte Reihe von Experimental-Untersuchungen über Elektricität;*
*von Michael Faraday.*

[Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus den *Philosoph. Transact. f.* 1843, *pt. I.*]

### §. 25. Ueber die Elektricitäts-Erregung durch Reibung von Wasser und Dampf an anderen Körpern.

2075) Vor zwei Jahren wurde von Hrn. Armstrong und Andern ein Versuch beschrieben [1]), in welchem das Ausströmen eines Dampfs von hohem Druck in die Luft eine Fülle von Elektricität erzeugte. Die Quelle der Elektricität ward nicht ermittelt, sondern vorausgesetzt, sie liege in der Verdampfung oder Aggregatveränderung des Wassers, und stehe in directer Beziehung zur atmosphärischen Elektricität. Seit dem Mai des letzten Jahres habe ich zu verschiedenen Zeiten über den Gegenstand gearbeitet, und wiewohl ich erfahre, dafs Hr. Armstrong in neueren Mittheilungen einige auch von mir erhaltene Thatsachen bereits veröffentlicht hat, so wird doch die K. Gesellschaft einen gedrängten Abrifs meiner Ergebnisse und Schlüsse wohl nicht der Beachtung für unwerth halten.

2076) Der von mir angewandte Apparat war nicht darauf berechnet, Dampf in Menge oder von hohem Drucke zu liefern, reichte aber hin zu meinem Zweck, welcher in der Untersuchung der Wirkung und ihrer Ursache bestand, und nicht in einer Verstärkung der Elektricitäts-

1) *Phil. Mag.* 1840, *Vol. XVII p.* 370, 452. (Annalen, Bd. LII S. 328 u. ff.)

Erregung. Hr. Armstrong hat das Letztere in einer neueren Arbeit wohl ausgeführt [1]). Der von mir angewandte Dampfkessel, der *London Institution* gehörig, hält ungefähr zehn Gallonen Wasser und gestattet fünf Gallonen zu verdampfen. An ihm befestigte ich eine 4,5 Fufs lange Röhre, an deren Ende sich ein grofser Hahn nebst einer Metallkugel befand. Letztere, die 32 Kubikzoll fafste, will ich *Dampfkugel* nennen; an ihr Mundstück konnten verschieden geformte Apparate angesetzt werden, die als Ausgänge für den ausströmenden Dampf dienten [2]). So konnte man mit der Dampfkugel einen Hahn verbinden, der bei den Versuchen als Ausgang des Dampfes (*experimental steam passage*) diente, oder konnte ein hölzernes Rohr einschrauben, oder konnte eine kleine Metall- oder Glasröhre in einen Kork stekken und diesen einschrauben; in diesen Fällen war die Bahn des Dampfes in der Kugel und der zum Kessel führenden Röhre so weit, dafs man sie als einen Theil des Kessels ansehen konnte, und diese Endkanäle als die Hindernisse, welche allein, das Ausströmen des Dampfes hemmend, einen bedeutenden Grad von Reibung ausübten.

2077) Ein anderes Mundstück bestand in einer Metallröhre, endigend in einem Metalltrichter und einem Kegel, der sich mittelst einer Schraube mehr oder weniger in den Trichter schieben liefs, so dafs der ausströmende Dampf auf den Kegel stofsen mufste (Taf I Fig. 2). Der Kegel konnte entweder mit dem Trichter oder dem Kessel elektrisch verbunden oder isolirt werden.

2078) Ein anderes Endstück bestand aus einer Röhre mit einem Hahn und einem oben darauf gesetzten Fütterer (*feeder*), mittelst dessen eine Flüssigkeit in den Dampf-

1) *Phil. Mag.* 1843, *Vol. XXII p.* 1.

2) Diese Kugel und die übrigen Theile des Apparats sind in den zu diesem Aufsatz gehörigen Figuren (Taf. I Fig. 1 bis 6) im Viertel der natürlichen Gröfse abgebildet.

strom gebracht und mit demselben fortgeführt werden konnte (Taf. I Fig. 3.).

2079) Noch ein anderes Endstück bestand in einer kleinen cylindrischen Kammer (Taf. I Fig. 4), in welche sich verschiedene Flüssigkeiten bringen liefsen, so dafs, wenn die Hähne geöffnet waren, der aus der Dampfkugel (2076) strömende Dampf in diese Kammer treten, alles daselbst Befindliche fortnehmen und in den Endkanal führen, oder gegen den Kegel (2077) treiben mufste, je nachdem der Apparat zusammengefügt worden war. Diese kleine Kammer werde ich immer *C* nennen.

2080) Der Druck, mit dem ich arbeitete, ging von acht bis dreizehn Zoll Quecksilber, und ward nie höher als dreizehn Zoll oder etwa zwei Fünftel einer Atmosphäre.

2081) Der Kessel war isolirt auf drei kleinen Klötzen Lack, und der Schornstein verbunden durch eine trichterförmige Röhre, die nach Belieben fortzunehmen war. Es wurde mit Coke und Holzkohle geheitzt, und die Isolation war so gut, dafs wenn der Kessel mit einem Goldblatt - Elektrometer verbunden und dann geladen wurde, die Divergenz der Blätter sich nicht änderte, weder durch die Anwesenheit eines starken Feuers, noch durch das reichliche Entweichen der Verbrennungsproducte.

2082) Bei der Elektricitätserregung durch ausströmenden Dampf lassen sich zwei Dinge untersuchen, entweder der isolirte Kessel, oder deren tweichende Dampf; beide sind immer im entgegengesetzten Zustande. Ich befestigte an dem Kessel sowohl ein Goldblatt- als ein Entladungs Elektrometer; das erstere zeigte jede Ladung kurz vor einem Funken an, und das zweite durch die Anzahl von Funken in einer gegebenen Zeit, die zur Messung der entwickelten Elektricität verwandt worden. Der Zustand des Dampfes läfst sich beobachten, entweder indem man ihn durch eine isolirte weite Röhre

treibt, worin einige Scheidewände von Drahtnetz, welche dem Dampf als Entlader dienen, oder indem man einen Puff (*a puff*) von ihm neben einem Elektrometer vorbeigehen läfst, wo er vertheilend (*by induction*) wirkt, oder indem man Drähte und Platten aus leitenden Substanzen in seine Bahn bringt und ihn so entladet. Den Zustand des Kessels oder der Substanz, an welcher der Dampf gebildet wird, zu untersuchen, ist, wie schon Hr. Armstrong beobachtet hat, weit zweckmäfsiger, als sich wegen der Elektricität an den Dampf zu wenden, und daher werde ich in diesem Aufsatz, wenn nicht das Gegentheil gesagt wird, immer den Zustand des ersteren angeben.

---

2083) Zur Ursache der Elektricitätserregung übergehend, mufs ich zuvörderst bemerken, dafs sie, wie ich mich überzeugt habe, weder in der Verdampfung noch in der Verdichtung (zur Tropfbarkeit *P.*) liegt, und auch weder durch die eine noch die andere abgeändert wird. Wenn, bei voller Spannkraft des Dampfs, die Sicherheitsklappe plötzlich gehoben und fortgenommen wurde, fand keine Elektricität in dem Kessel statt, obwohl nun die Verdampfung sehr stark war. Wenn ferner der Kessel, vor der Oeffnung der Klappe, durch geriebenes (*excited*) Harz geladen ward, änderte das Oeffnen der Klappe und die nun erfolgende Verdampfung diese Ladung nicht. Als es mir endlich gelungen war, Dampf-Ausgänge zu construiren, die entweder den positiven, oder negativen, oder den neutralen Zustand gaben (2102. 2110. 2117), konnte ich diese an die Bahn des Dampfs befestigen, und so den Kessel mit einem und demselben Dampf nach Belieben, entweder positiv, negativ oder neutral machen, während die Verdampfung in der ganzen Zeit unverändert fortdauerte. Somit ist denn die Elektricitäts-Erregung offenbar unabhängig von

der Verdampfung oder der Aenderung des Aggregatzustandes.

2084) Der Austritt von *Dampf allein* ist nicht genügend Elektricität zu entwickeln [1]). Zur Erläuterung dieses Satzes kann ich sagen, dafs der Kegel-Apparat (2077) ein vortrefflicher Erreger ist, so auch eine Buchsbaum-Röhre (2102. Taf. I Fig. 5), getränkt mit Wasser und eingeschraubt in die Dampfkugel. Wenn mit einer dieser Vorrichtungen die Dampfkugel leer von Wasser ist, so dafs sie das aus der Verdichtung des Dampfs entstehende auffängt und zurückhält, so erregt, nach den ersten Momenten (2089) und sobald der Apparat heifs ist, der austretende Dampf keine Elektricität. Ist aber die Dampfkugel so weit gefüllt, dafs der Rest des verdichteten Wassers durch den Dampf fortgetrieben wird, so erscheint eine Fülle von Elektricität. So wie dann die Kugel wieder geleert wird vom Wasser, hört die Elektricität auf; füllt man sie aber bis zur geeigneten Höhe, so erscheint die Elektricität abermals in voller Kraft. So zeigte sich keine Elektricität, wenn der Fütter-Apparat (2078) gebraucht ward, und kein Wasser in dem Kanale war; leitete man aber Wasser in diesen aus dem Fütterer, so entwickelte sich sogleich Elektricität.

2085) Die Elektricität entspringt gänzlich aus der Reibung der vom Dampfe fortgeführten Wassertheilchen an der umgebenden festen Masse des Kanals (*passage*) oder des ihm eigends entgegen gehaltenen Körpers, wie des Kegels (2077), ganz wie bei der gewöhnlichen Erregung durch Reibung. Es wird späterhin gezeigt werden (2130. 2132), dafs eine sehr kleine Menge Wasser, zweckmäfsig an einen verstopfenden oder vorgehaltenen

1) Auch Hr. Armstrong hat gezeigt, dafs Wasser wesentlich ist zu einer starken Elektricitäts-Erregung. *Phil. Mag.* 1843, *Vol. XXII p.* 2.

Körper gerieben, eine sehr merkliche Menge Elektricität erzeugt.

2086) Von den mannigfachen Umständen, die auf diese Elektricitäts-Erregung einwirken, giebt es einen oder zwei, deren ich hier erwähnen mufs. Erhöhung des Drucks (wie es durch Hrn. Armstrong's Versuche wohl erwiesen ist) vergröfsert den Effect bedeutend, einfach dadurch, dafs die beiden erregenden Substanzen stärker an einander gerieben werden. Erhöhung des Drucks ändert zuweilen den positiven Zustand des Kanals in den negativen um, nicht weil sie an sich das Vermögen hat, die Beschaffenheit des Kanals zu ändern, sondern, wie man (2108) sehen wird, durch Fortführung dessen, wodurch die positive Elektricität erregt ward; keine Verstärkung des Drucks vermag, so weit ich finden kann, die Negativität eines gegebenen Kanals in Positivität umzuwandeln. Bei anderen, weiterhin (2090. 2105) beschriebenen Erscheinungen, ist die Verstärkung des Drucks ohne Zweifel von Einflufs gewesen, und eine Wirkung, welche abgenommen hat und selbst verschwunden ist (wie bei Zusatz von Substanzen zum Wasser in der Dampfkugel oder zum austretenden Strom von Wasser und Dampf), kann unzweifelhaft durch Verstärkung des Drucks wieder erhöht oder hergestellt werden.

2087) Die Gestalt (*shape and form*) des erregenden Kanals (*exciting passage*) hat grofsen Einflufs, indem sie die Berührung und nachherige Trennung der Wassertheilchen und der festen Substanz, an welche sie sich reiben, befördert.

2088) Wenn der mit Wasser gemischte Dampf durch eine Röhre oder einen Hahn (2076) geht, so kann er beim Austreten entweder einen zischenden sanften, oder einen schnarrenden rauhen Ton hervorbringen [1]), und

1) Hr. Armstrong und Hr. Schafhäutl haben beide den Zusammenhang gewisser Töne oder Geräusche mit der Elektricitäts-Erregung beobachtet.

zwar mit der Kegelvorrichtung oder einer Röhre von gewisser Länge plötzlich mit einander abwechselnd. Bei dem sanften Ton wird wenig oder keine Elektricität erregt, bei dem schnarrenden dagegen viel. Der schnarrende Ton begleitet jene unregelmäfsige rohe Vibration, welche das Wasser heftiger und wirksamer gegen die Substanz des Kanals schleudert, und somit eine bessere Elektricitäts-Erregung hervorbringt. Ich wandelte zu dem Zweck das Ende des Kanals in eine Dampfpfeife um, indefs ohne Nutzen.

2089) Wenn sich kein Wasser in der Dampfkugel befindet, so ist der *erste Effect* bei Oeffnung des Dampfhahns sehr auffallend; es findet eine gute Elektricitäts-Erregung statt, allein sie hört bald auf. Diefs rührt von dem in den kalten Kanälen verdichteten Wasser her, welches durch Reibung an ihnen Elektricität erregt. Besteht der Kanal z. B. aus einem Hahn, so wird, so lange er kalt ist, mit dem, was man nur für Dampf hält, Elektricität erregt; allein sobald er heifs wird, verschwindet diese Erregung. Wenn man dann, während der Dampf ausströmt, den Hahn durch einen isolirten Wasserstrahl abkühlt, nimmt er sein Vermögen wieder an. Wird er andererseits mit einer Weingeistlampe erhitzt, ehe der Dampf austritt, so findet *kein* erster Effect statt. Auf diese Weise habe ich einen erregenden Kanal gemacht, indem ich einen Theil einer Ausgangsröhre mit einer kleinen Cisterne umgab und darin Wasser oder Weingeist that.

---

2090) Wir finden also, dafs Wassertheilchen, gerieben durch einen Dampfstrom an anderen Körpern Elektricität erregen. Zu dem Ende mufs jedoch nicht blofs Wasser, sondern *reines* Wasser angewandt werden. Bei Anwendung der Fütter-Vorrichtung (2078), welche das reibende Wasser in das Innere des Dampf-

kanals führte, fand ich, wie zuvor gesagt, dafs ich mit Dampf allein keine Elektricität bekam (2084). Bei Hineinleitung von destillirtem Wasser wurde reichlich Elektricität entwickelt; als indefs ein kleiner Krystall von schwefelsaurem Natron oder Kochsalz in das Wasser gethan wurde, hörte diese Entwicklung ganz auf. Abermalige Anwendung von destillirtem Wasser rief die Elektricität wieder hervor. Als ich das gewöhnliche Wasser, mit dem London versorgt wird, anwandte, konnte ich diefs nicht bewerkstelligen.

2091) Wenn ich ferner, bei Anwendung der Dampfkugel (2076) und einer Buchsbaum-Röhre (2102), die, sobald destillirtes Wasser mit dem Dampf aus dem Kessel durch sie geleitet ward, gut erregte, einen kleinen Krystall von schwefelsaurem Natron oder Kochsalz, oder Salpeter, oder den kleinsten Tropfen Schwefelsäure in die Dampfkugel mit dem Wasser brachte, war der Apparat höchst unwirksam, mit ihm keine Elektricität zu erregen. Nahm ich aber solches Wasser fort und ersetzte es durch destillirtes Wasser, so war die Erregung wieder vortrefflich. Sie hörte auf, so wie eine sehr geringe Menge jener Substanzen hinzugefügt ward, und erschien abermals, so wie wieder reines Wasser hineingebracht wurde.

2092) Gemeines Wasser in der Dampfkugel war unvermögend zur Elektricitäts-Erregung. Ein wenig Kali zu destillirtem Wasser hinzugefügt, nahm diesem alle Kraft. Dasselbe that der Zusatz *irgend* einer jener salzigen oder anderen Substanzen, die das Wasser leitend machen.

2093) Diefs rührt offenbar davon her, dafs das Wasser ein so guter Leiter wird, dafs bei seiner Reibung an Metall oder sonst einem Körper die erregte Elektricität sich unmittelbar wieder entladen kann. Es ist gerade so, wie wenn wir Lack oder Schwefel durch Flannell zu erregen suchen, der, statt trocken zu seyn, feucht ist.

Es zeigt sehr klar, dafs die Elektricitäts-Erregung, wenn sie stattfindet, vom Wasser und nicht vom durchströmenden Dampf herrührt.

2094) Da Ammoniak die Leitungsfähigkeit des Wassers nur in geringem Grade erhöht (554), so schlofs ich, es würde hier das Erregungsvermögen nicht fortnehmen. Demgemäfs brachte ich etwas davon in das reine Wasser der Kugel, und wirklich ward Elektricität entwickelt, obgleich der mit Wasser gemischte Dampfstrom Kurkumäpapier röthete. Allein der Zusatz einer sehr geringen Portion verdünnter Schwefelsäure nahm, durch Bildung von schwefelsauren Ammoniak, alle Erregbarkeit fort.

2095) Wenn in einem dieser Fälle die Dampfkugel Wasser enthielt, welches keine Elektricität erregen konnte, so war es niedlich zu beobachten, wie beim Oeffnen des Hahns, welcher vor der Dampfkugel in die Dampfröhre eingesetzt war (der bezweckte, das in der Röhre vor ihrem Eintritt in die Dampfkugel verdichtete Wasser fortzunehmen), augenblicklich Elektricität entwickelt ward; einige Zoll weiterhin war der Dampf ganz wirkungslos, weil die Beschaffenheit des Wassers, über welches er hinweggestrichen und welches er mitgenommen, ein wenig geändert war.

2096) Als eine hölzerne oder metallene Röhre (2076) als erregender Kanal gebraucht ward, zeigte die Anbringung von Salzlösungen auf der Aufsenseite oder das Ende der Röhre in keiner Weise einen Einflufs auf die Erregung. Gebrauchte man aber einen hölzernen Kegel (2077) und befeuchtete denselben mit den Lösungen, so zeigte sich beim ersten Herauslassen des Dampfs keine Erregung; vielmehr erschien diese erst als die Lösung fortgewaschen war, und stieg dann bald auf ihre volle Höhe.

---

2097) Nachdem ich diese Punkte hinsichtlich der Nothwendigkeit des Daseyns und der Reinheit des Wassers ermittelt hatte, untersuchte ich zunächst den Ein-

flufs der Substanz, an welche der Strom von Dampf und Wasser sich rieb. Zu dem Ende gebrauchte ich anfangs Kegel (2077) von verschiedenen Substanzen isolirt oder nicht. Folgende, nämlich: Messing, Buchsbaum, Büchenholz, Elfenbein, Leinen, Kasimir, weifse Seide, Schwefel, Kautschuck, geölte Seide, lackirtes Leder, geschmolzenes Kautschuck und Harz, wurden sämmtlich negativ, machten also den Strom aus Dampf und Wasser positiv. Die Gewebe (*fabrics*) wurden über Holzkegel ausgespannt. Das geschmolzene Kautschuck wurde auf einem buchsbölzernen oder leinenen Kugel ausgegebreitet, und der Harzkegel war ein leinener Kegel, der in eine concentrirte Lösung von Harz und Alkohol getaucht und darauf getrocknet worden. Ein in Terpenthinöl getauchter Holzkegel, ein anderer mit Baumöl getränkter, und ein mit alkoholischer Harzlösung bestrichener und darauf getrockneter Messingkegel waren anfangs wirkungslos und wurden darauf allmälig negativ, wobei es sich aber ergab, dafs dann das Terpenthinöl, das Baumöl und das Harz sich von den durch den Strom aus Dampf und Wasser getroffenen Stellen abgelöst hatten. Ein Kegel von Kasimir, der zwei oder drei Mal nach einander in eine alkoholische Harzlösung getaucht und darauf getrocknet worden, wirkte sehr unregelmäfsig, ward bald positiv, bald negativ, in einer Weise, die anfangs schwer, hernach aber (2113) leicht zu begreifen war.

2098) Das Ende einer Schellackstange ward auf einen Moment in den Strom aus Dampf und Wasser gehalten, und dann an ein Goldblatt-Elektrometer gebracht. Es zeigte sich negativ, genau wie wenn es mit einem Stück Flanell gerieben worden. Die Ecke einer Schwefelplatte verhielt sich eben so, wenn sie auf gleiche Weise untersucht wurde.

2099) Eine andere Methode, die geriebene Substanz zu untersuchen, bestand darin, dieselbe in Form von Drähten, Fäden oder Stücken anzuwenden, und, wäh-

rend sie mit dem Goldblatt-Elektrometer verbunden war, an einer isolirten Handhabe in den Dampfstrom zu halten. Auf diese Weise wurden folgende Substanzen untersucht:

| | | |
|---|---|---|
| Platin | Rofshaar | Holzkohle |
| Kupfer | Bärenhaar | Asbest |
| Eisen | Flintglas | Cyanit |
| Zink | Grünglas | Hämatit |
| Schwefelkupfer | Federkiel | Bergkrystall |
| Leinen | Elfenbein | Operment |
| Baumwolle | Schellack auf Seide | Schwerspath |
| Seide | Schwefel auf Seide | Gyps |
| Wollen-Garn | Stangenschwefel | Kohlens. Kalk |
| Holz | Graphit | Flufsspath |

*Alle* diese Substanzen wurden negativ, obwohl nicht in gleichem Grade. Diese anscheinende Verschiedenheit im Grade hängt nicht *blofs* ab von der specifischen Tendenz, negativ zu werden, sondern auch von der Leitungsfähigkeit des Körpers, vermöge welcher derselbe seine Ladung an das Elektrometer abgiebt; ferner von seiner Neigung, feucht zu werden (welche sehr verschieden ist, z. B. bei Schellack oder Federkiel einerseits und Glas oder Linnen andererseits), was auf seine Leitungsfähigkeit einwirkt; und endlich von seiner Gestalt und Gröfse. Defsungeachtet konnte ich unterscheiden, dafs Bärenhaar, Federkiel und Elfenbein, verglichen mit den andern Körpern, ein sehr geringes Vermögen zur Elektricitätserregung besitzen.

2100) Ich mufs hier ein Paar Bemerkungen machen über die Einbringung der Körper in den Dampfstrom. Um die Verdichtung an der Substanz zu verhüten, machte ich einen Platindraht durch eine isolirte Volta'sche Batterie weifsglühend und brachte ihn in den Strahl. Er wurde bald durch diesen bis auf 212° F. abgekühlt, konnte jedoch natürlich niemals unter den Siedpunkt

kommen. Kein Unterschied war sichtbar zwischen der Wirkung der ersten Eintauchung und jedem späteren Zeitpunkt derselben. Er wurde augenblicklich elektrisirt und zwar negativ.

2101) Die angewandten Fäden wurden über eiue Gabel von steifem Draht ausgespannt, und mit ihrer Mitte in den Dampf gehalten. Wenn hiebei die Schnur oder der Faden genau in der Mitte des Strahls gehalten, und längs auf sie gesehen wurde, so erschienen sie ruhig; führte man sie aber im Mindesten rechts oder links von der Axe des Strahls, so vibrirten oder rotirten sie (sehr natürlich), wobei sie einen schönen Kreis beschrieben, dessen Tangente die Axe des Strahles war. Das Interessanteste war, dafs, wenn der Faden rotirte, gleichsam mit dem Strom wanderte, wenig oder keine Elektricität erregt wurde, wogegen sich, sobald er nahe oder ganz ruhig war, eine Fülle von Elektricität zeigte, somit den Effect der Reibung erläuternd.

2102) Der Unterschied in der Beschaffenheit der oben (2099) beschriebenen Substanzen giebt ein werthvolles Mittel zur Abänderung der Versuche. So macht eine metallene, gläserne oder hölzerne Röhre [1]) (2076), als Dampfmündung benutzt, den Kessel gut negativ und den Dampf stark positiv. Wenn man aber einen Federkiel, oder, besser noch, eine Elfenbeinröhre anwendet, so erhält der Kessel kaum eine Ladung, und der Dampfstrom ist auch neutral. Diefs Resultat unterstützt nicht nur den Beweis, dafs die Elektricität nicht von der Verdampfung herrührt, sondern ist auch für die experimentelle Untersuchung sehr werthvoll. Es war in einem solchen neutralen Strom aus Dampf und Wasser, worin die Erregung der vorhin beschriebenen Körper (2099) erlangt wurde.

1) Eine Holzröhre, 3 Zoll lang und innen 0,2 Zoll weit, gut mit destillirtem Wasser durchzogen und in die Dampfkugel geschraubt, ist ein bewundernswürdiger Elektricitäts-Erreger.

2103) Es können demnach Substanzen entweder in den neutralen Strahl aus einem Elfenbeinrohr oder in den positiven aus einer Holz- oder Metallröhre gehalten werden, und im letzteren Fall treten Erscheinungen ein, welche, nicht verstanden, zu grofser Verwirrung führen. So hielt ich einen isolirten Draht in den aus einem Glas- oder Metallrohr hervorkommenden Dampfstrom, etwa einen halben Zoll von der Mündung des Rohrs, und fand ihn unerregt. Entfernte ich ihn mehr, so wurde er positiv, näherte ich ihn dagegen mehr der Röhre, so war er negativ. Diefs entsprang einfach daraus, dafs der Draht, wenn er dem Rohre nahe, in dem kräftigen Theil des Stromes war, erregt und negativ wurde, dabei den Dampf und Wasserstrom positiver als zuvor machte, dafs er dagegen weiter ab, in dem ruhigereren Theil des Stroms, blofs als Entlader des zuvor in der Ausgangsröhre erregten Stromes diente, und somit denselben Zustand wie dieser zeigte. Platin, Kupfer, Band (*string*), Seide, Holz, Graphit oder irgend eine andere der zuvor (2099) genannten Substanzen, mit Ausnahme von Federkiel, Elfenbein und Bärenhaar, konnte auf diese Weise positiv oder negativ gemacht werden, je nachdem sie, durch den ihr in dem Strom gegebenen Platz, als Erreger oder Entlader benutzt wurde. Ein Stück feinen Drahtnetzes, quer vor dem Strom gehalten, zeigt die obige Erscheinung niedlich. Eine Verschiebung von einem Achtelzoll rück- oder vorwärts aus der centralen Stelle ändert schon den elektrischen Zustand des Netzes.

2104) Wenn statt eines erregten Stroms von Dampf und Wasser (2103), ein aus einem Elfenbeinrohr (2102) heraustretender, neutraler angewandt wird, kann man den Drähten u. s. w. nicht mehr abwechselnd die beiden Zustände geben. Sie können zwar negativ (2099), aber in keinem Abstande zu Entladern oder positiv gemacht werden.

2105) Wir haben bereits gesehen, dafs das Daseyn

flufs der Substanz, an welche der Strom von Dampf und Wasser sich rieb. Zu dem Ende gebrauchte ich anfangs Kegel (2077) von verschiedenen Substanzen isolirt oder nicht. Folgende, nämlich: Messing, Buchsbaum, Büchenholz, Elfenbein, Leinen, Kasimir, weifse Seide, Schwefel, Kautschuck, geölte Seide, lackirtes Leder, geschmolzenes Kautschuck und Harz, wurden sämmtlich negativ, machten also den Strom aus Dampf und Wasser positiv. Die Gewebe (*fabrics*) wurden über Holzkegel ausgespannt. Das geschmolzene Kautschuck wurde auf einem buchshölzernen oder leinenen Kugel ausgegebreitet, und der Harzkegel war ein leinener Kegel, der in eine concentrirte Lösung von Harz und Alkohol getaucht und darauf getrocknet worden. Ein in Terpenthinöl getauchter Holzkegel, ein anderer mit Baumöl getränkter, und ein mit alkoholischer Harzlösung bestrichener und darauf getrockneter Messingkegel waren anfangs wirkungslos und wurden darauf allmälig negativ, wobei es sich aber ergab, dafs dann das Terpenthinöl, das Baumöl und das Harz sich von den durch den Strom aus Dampf und Wasser getroffenen Stellen abgelöst hatten. Ein Kegel von Kasimir, der zwei oder drei Mal nacheinander in eine alkoholische Harzlösung getaucht und darauf getrocknet worden, wirkte sehr unregelmäfsig, ward bald positiv, bald negativ, in einer Weise, die anfangs schwer, hernach aber (2113) leicht zu begreifen war.

2098) Das Ende einer Schellackstange ward auf einen Moment in den Strom aus Dampf und Wasser gehalten, und dann an ein Goldblatt-Elektrometer gebracht. Es zeigte sich negativ, genau wie wenn es mit einem Stück Flanell gerieben worden. Die Ecke einer Schwefelplatte verhielt sich eben so, wenn sie auf gleiche Weise untersucht wurde.

2099) Eine andere Methode, die geriebene Substanz zu untersuchen, bestand darin, dieselbe in Form von Drähten, Fäden oder Stücken anzuwenden, und, wäh-

rend sie mit dem Goldblatt-Elektrometer verbunden war, an einer isolirten Handhabe in den Dampfstrom zu halten. Auf diese Weise wurden folgende Substanzen untersucht:

| | | |
|---|---|---|
| Platin | Roſshaar | Holzkohle |
| Kupfer | Bärenhaar | Asbest |
| Eisen | Flintglas | Cyanit |
| Zink | Grünglas | Hämatit |
| Schwefelkupfer | Federkiel | Bergkrystall |
| Leinen | Elfenbein | Operment |
| Baumwolle | Schellack auf Seide | Schwerspath |
| Seide | Schwefel auf Seide | Gyps |
| Wollen-Garn | Stangenschwefel | Kohlens. Kalk |
| Holz | Graphit | Fluſsspath |

*Alle* diese Substanzen wurden negativ, obwohl nicht in gleichem Grade. Diese anscheinende Verschiedenheit im Grade hängt nicht *bloſs* ab von der specifischen Tendenz, negativ zu werden, sondern auch von der Leitungsfähigkeit des Körpers, vermöge welcher derselbe seine Ladung an das Elektrometer abgiebt; ferner von seiner Neigung, feucht zu werden (welche sehr verschieden ist, z. B. bei Schellack oder Federkiel einerseits und Glas oder Linnen andererseits), was auf seine Leitungsfähigkeit einwirkt; und endlich von seiner Gestalt und Gröſse. Deſsungeachtet konnte ich unterscheiden, daſs Bärenhaar, Federkiel und Elfenbein, verglichen mit den andern Körpern, ein sehr geringes Vermögen zur Elektricitätserregung besitzen.

2100) Ich muſs hier ein Paar Bemerkungen machen über die Einbringung der Körper in den Dampfstrom. Um die Verdichtung an der Substanz zu verhüten, machte ich einen Platindraht durch eine isolirte Volta'sche Batterie weiſsglühend und brachte ihn in den Strahl. Er wurde bald durch diesen bis auf 212° F. abgekühlt, konnte jedoch natürlich niemals unter den Siedpunkt

nach Belieben entweder der geriebenen Substanz oder dem reibenden Strom gegeben werden, besonders mittelst Terpenthinöl, da, wegen seiner vollkommenen und leichten Verflüchtigung bei fortdauerndem Ausströmen des Dampfs, der neue Effect bald verschwindet, aber auf abermaligen Zusatz sogleich wieder erscheint.

2111) Mit Olivenöl sind im Allgemeinen die Erscheinungen dieselben, d. h. der Strom von Dampf etc. wird *negativ*, und die geriebene Substanz *positiv*. Allein wegen der verhältnifsmäfsigen Unflüchtigkeit des Oels ist der Zustand bleibender; sehr wenig Oel, in die Dampfkugel (2076) oder die Kammer *C* (2079) oder die Ausgangsröhre gebracht, macht den Kessel für lange Zeit positiv. Es ist jedoch erforderlich, dafs diefs Oel sich an solcher Stelle befinde, dafs der Dampfstrom, nachdem er durch dasselbe gegangen, gegen andere Substanzen reibe. Nahm man z. B. eine Holzröhre (2076. 2102) zum Erreger und brachte etwas Oel an deren inneres Ende, oder an das Ende, worin der Dampf eintrat, so wurde sie positiv und der austretende Dampf negativ; brachte man aber das Oel an das äufsere Ende der Röhre an, so war diese Röhre, wie bei reinem Wasser, negativ und der ausströmende Dampf positiv.

2112) Wasser ist wesentlich für diese Elektricitäts-Erregung durch fettes Oel, denn wenn die Dampfkugel vom Wasser geleert wurde, konnte man Oel in diese und die Kanäle bringen, ohne dafs eine Erregung stattfand. Zwar war der erste Effect (2089) wirklich eine Erregung, bei welcher der Kessel positiv wurde, allein dieser Effect rührte von dem in dem Kanale verdichteten Wasser her, verbunden mit der Wirkung des Oels. Späterhin als Alles heifs war, fand keine Elektricitäts-Erregung statt.

2113) Ich versuchte manche andere Substanzen mit der Kammer *C* und anders geformten Apparaten, dabei die feuchte Holzröhre (2102) als den Ort und die Substanz

stanz der Elektricitäts-Erregung des Dampfstroms benutzend. Speck, Wallrath, Bienenwachs, Ricinusöl, Harz gelöst in Alkohol; alle diese, nebst Baumöl, Terpenthinöl und Lorbeeröl machten den Kessel positiv und den austretenden Dampf negativ. Von Substanzen mit dem umgekehrten Vermögen ist zweifelhaft, ob irgend eine über dem Wasser stehe. Schwefelkohlenstoff, Naphtalin, Schwefel, Kampher, geschmolzenes Kautschuck, schienen zuweilen, im strengen Gegensatz zu den vorher genannten Körpern, den Kessel sehr negativ zu machen, allein, als gleich darauf Wasser versucht wurde, schien es diefs ganz eben so stark zu thun. Einige der letzteren Substanzen, nebst Oelgas-Flüssigkeit, Naphtha und Kautschuck, gaben zuweilen veränderliche Resultate, wie wenn sie die Folge unregelmäfsiger und complicirter Effecte wären. In der That ist leicht einzusehen, dafs eine Substanz, je nachdem sie an dem geriebenen Körper haftet, oder von dem Dampfstrom fortgeführt wird, also vom Geriebenen zum Reiber wird, verschiedenartige Wirkungen geben mufs. Diefs, glaube ich, war der Fall bei dem zuvor erwähnten Kegel aus Harz (2097).

2114) Dafs Salze, Säuren etc., wenn sie im Wasser vorhanden, dessen Wirkung vernichten, habe ich bereits erwähnt (2090 etc.). Hinzüfügen kann ich noch, dafs Schwefeläther, Holzgeist und Borsäure dasselbe thun.

2115) Alkohol schien anfangs den Kessel positiv zu machen. Halb Alkohol und halb Wasser machten den Kessel negativ, doch viel schwächer als reines Wasser.

2116) Zu bemerken ist, dafs eine Substanz, die das umgekehrte Vermögen des Wassers, jedoch nur in geringem Grade, besitzt, dieses nur durch eine Schwächung des Vermögens des Wassers äufsern kann. Diese Verringerung des Vermögens ist in ihrer Ursache sehr verschieden von der, welche aus der Erhöhung der Leitungsfähigkeit des Wassers, durch Zusatz eines Salzes (2090) entspringt, obwohl der sichtbare Effect derselbe ist.

2117) Soll der ausströmende Dampf bleibend negativ seyn, so erlangt man diefs sehr leicht. Es genügt dazu, etwas Oel oder Wachs in die Dampfkugel (2076) oder einen dicken Ring von Schnur oder Hanf, getränkt mit Wachs oder einer alkoholischen Harzlösung, in die Kammer *C* (2079) zu bringen. Richtet man es dabei gehörig ein, so ist es leicht die Kraft des Wassers zu neutralisiren, so dafs der ausströmende Dampf weder elektrisch ist, noch an dem geriebenen Körper sich elektrisirt.

2118) Wir sind demnach zu drei Methoden gelangt den Strom aus Dampf und Wasser neutral zu machen, nämlich durch Benutzung einer Elfenbeinröhre oder eines Federkiels (2102), durch Lösung von Substanzen in Wasser (2090 etc.) und durch Neutralisation von dessen natürlichem Vermögen durch die entgegengesetzte Kraft von Oel, Harz etc.

2119) Bei den Versuchen der eben beschriebenen Art kann eine Elfenbeinröhre nicht mit Sicherheit mit Säuren oder Alkalien in der Dampfkugel angewandt werden, denn diese greifen das Elfenbein an, ändern, durch Ausscheidung oder Lösung der öligen Substanz dessen Zustand ab, und machen sein eigenthümliches Erregungsvermögen sehr veränderlich. Auch andere Umstände wirken zuweilen kräftig darauf ein (2144).

2120) Sehr wenig Oel in den Reibungskanälen hat einen grofsen Einflufs, und diefs war anfangs eine Quelle beträchtlicher Verdriefslichkeiten, indem fortwährend unerwartete Resultate erschienen. Ein wenig in dem Gang einer unvermutheten Schraube verborgen, ist hinreichend für eine Woche den Effect jeder Einrichtung zu verderben. Digeriren und Waschen mit etwas Alkalilösung und Vermeiden aller geölten Wäscher (*all oiled washer*) ist das beste Mittel bei delicaten Versuchen das Uebel zu vermeiden. Zuweilen habe ich gefunden, dafs ein Kanal, der, von etwas geschmolzenem Kautschuck, bis zu einem gewissen Grade bleibend negativ, oder durch Oel, Harz

etc. positiv war, dadurch gänzlich gereinigt werden konnte, dafs man etwas Terpenthinöl durchbliefs. Der Kanal nahm dann für eine Weile den positiven Zustand an; allein wenn jenes durch den Strom fortgenommen war (2110), zeigte er sich vollkommen rein und gut in seinem normalen Zustande.

2121) Ich versuchte nun die Wirkung von Oel u. s. w., wenn etwas Salz oder Säure dem Wasser in der Dampfkugel (2090 etc.) zugefügt war, und fand, dafs wenn das Wasser in dem Zustand war, dafs es für sich keine Kraft ausübte, doch Terpenthinöl, Oel oder Harz in der Kammer *C* die Kraft zeigten, in Verbindung mit solchem Wasser, den Kessel positiv zu machen; doch schien ihre Kraft geschwächt. Verstärkung der Spannkraft des Dampfs würde sie hier, wie in allen andern Fällen, das leidet wenig Zweifel, wiederum erhöht haben. Wenn Alkali in der Dampfkugel war, so verloren Oel und Harz sehr viel von ihrer Kraft, Terpenthinöl aber sehr wenig. Diese Thatsache wird späterhin wichtig (2126).

2122) Wir haben gesehen, dafs Körper, wie Oel, in den Dampfstrom gebracht, dessen Kraft verändern (2108); allein nur durch den Versuch konnten wir ermitteln, ob diese Veränderung so weit gehe, dafs die Elektricität für wenige oder viele der vom Dampf geriebenen Substanzen geändert werde. Mit Olivenöl in der Kammer *C* werden *alle* zuvor (2097) aufgezählten Kegel positiv. Mit Essigsäure in der Dampfkugel werden sie alle neutral (2091). Mit Harz in der Kammer *C* werden alle Substanzen der früheren Liste (2099), keine ausgenommen, positiv.

---

2123) Die merkwürdige Eigenschaft des Oels, Terpenthinöls, Harzes u. s. w., in sehr geringer Menge das Erregungsvermögen des Wassers zu schwächen, obwohl einige von ihnen (2112) ohne Wasser wirkungslos sind,

wird einige theoretische Betrachtungen über deren Wirkungsweise entschuldigen. Zunächst erhellt, dafs Dampf allein durch Reibung keine Elektricität zu erregen vermag, sondern dafs es nur die von ihm mit fortgeführten Wasserkügelchen sind, die, über den Körper hinwegstreichend, denselben reibend, und von diesem abgerissen (2085), die Elektricität erregen und selbst elektrisch werden, gerade wie wenn die Hand auf einer Schellackstange hinwegfährt. Wenn Baum- oder Terpenthinöl zugegen ist, so bestehen die Kügelchen, glaube ich, aus diesen Substanzen, und es ist nicht mehr das Wasser, sondern die neue Flüssigkeit, welche den getroffenen Körper reibt.

2124) Die Gründe zu dieser Ansicht sind folgende: Wenn ein in Baum- oder Leinöl getauchter Holzsplitter die Oberfläche von Wasser berührt, so breitet sich sogleich eine Haut von diesem Oele darauf aus. Es ist also gewifs, dafs jedes Wasserkügelchen, welches durch die Baum- oder Terpenthinöl enthaltende Kammer *C* geht, mit einem Häutchen davon überzogen ist. Wenn ferner eine Waagschale von Metall, Holz oder anderer Substanz, *wohl gereinigt* und *benäfst* mit Wasser, auf die Oberfläche von Wasser in eine Schüssel gebracht wird, und man belastet die andere Schale bis sie beinahe, doch nicht ganz, die erste von dem Wasser abreifst, so hat man dann ein rohes Maafs der Cohäsionskraft des Wassers. Wenn nun der ölige Holzsplitter irgendwo die reine Fläche des Wassers in der Schüssel berührt, so wird das Oel sich nicht nur auf der Wasserfläche ausbreiten, sondern auch die Schale von dem Wasser lostrennen, und wenn man diese wieder niederdrückt, wird das Wasser nicht mehr im Stande seyn, sie festzuhalten. Hier erleichtert also offenbar das Oel die Zertheilung des Wassers durch eine sonst nicht hinlängliche mechanische Kraft und bekleidet die entstandenen Theilchen mit einer Schicht seiner eigenen Substanz.

**2125) Alles diefs mufs in dem Dampfstrom in gröfserem Maafse stattfinden; die Wassertheilchen müssen darin mit einem Oelhäutchen bekleidet seyn. Die Zart**heit des Häutchens ist kein Einwurf gegen die Voraussetzung, denn die Erregung geschieht ohne Zweifel an der Oberfläche, wo das Häutchen als vorhanden angenommen wird, und solch ein Kügelchen, obwohl fast ganz aus Wasser bestehend, kann als ein Oelkügelchen wirken, und durch seine Reibung das Holz u. s. w. positiv machen, während es selbst negativ wird.

2126) Dafs Wasser, welches durch ein wenig Salz oder Säure unwirksam gemacht ist, doch die Wirkung des ihm anhaftenden Oelhäutchens (2121) zeigt, stimmt mit dieser Ansicht vollkommen überein. So auch die noch auffallendere Thatsache, dafs alkalisirtes Wasser (2092), das für sich keine Kraft besitzt, die Kraft des Olivenöls und Harzes bedeutend schwächt, dagegen die des Terpenthinöls kaum verändert (2121), denn Olivenöl und Harz bilden dann nicht mehr eine Haut auf dem Wasser, sondern lösen sich, während das Terpenthinöl fortfährt diese Haut zu bilden.

2127) Dafs Harz eine starke Wirkung giebt und Schwefel nicht, ist auch in der Ordnung, denn ich finde, dafs Harz auf siedendem Wasser schmilzt und eben so auf eine Waagschale wirkt wie Oel (2124), wogegen Schwefel diese Eigenschaft nicht besitzt, weil sein Schmelzpunkt zu hoch ist.

2128) Es ist sehr wahrscheinlich, dafs, wenn Holz, Glas oder selbst Metall durch diese Oelströme gerieben wird, das Oel nicht blofs als reibend an Holz u. s. w., sondern auch an Wasser betrachtet werden mufs, indem nun Wassnr an der Seite des Geriebenen ist. Unter diesen Umständen hat das Wasser eine gröfsere Anziehung zum geriebenen Holz als das Oel, denn in dem Dampfstrom werden Leinwand, Holz u. s. w., die lange Zeit mit Oel getränkt worden, schnell von diesem be-

**freit und mit Wasser gesättigt. In solchen Fällen wird dann noch die Positivität der geriebenen Substanz und die Negativität des ausströmenden Dampfs erhöht.**

---

2129) Nachdem ich die Versuche so weit mit Dampf angestellt, und die Ansicht erlangt hatte, dafs der Dampf an sich unwirksam sey, und blofs als mechanisches Mittel, welches die reibenden Theilchen forttreibt, wirke, schritt ich zu Versuchen mit comprimirter Luft [1]). Zu dem Ende benutzte ich eine starke Kupferbüchse, 46 Kubikzoll fassend, mit zwei Hähnen, durch welchen einen die Luft immer eingepumpt ward, während der andere als Ausgangsröhre diente. Die Büchse war sorgfältig durch Aetzkali gereinigt. Aeufserste Sorgfalt war getroffen (und erforderlich), um Oel, Wachs oder Harz an den Ausgangsöffnungen zu entfernen und zu vermeiden. Die Luft wurde durch eine Compressionspumpe eingepumpt, und in Fällen, wo sie trocken seyn mufste, wurden vier oder fünf Unzen Aetzkali in Stangen in die Büchse gethan, und die verdichtete Luft zehn oder funfzehn Minuten lang mit ihnen in Berührung gelassen. Die Luftmenge, welche man durchschnittlich bei jedem Versuch ausströmen liefs, betrug 150 Kubikzoll. Es war sehr schwierig, diese Luft von dem Oelgeruch zu befreien, den sie in der Compressionspumpe erlangt hatte.

2130) Zunächst will ich von ungetrockneter gemeiner Luft reden. Wenn solche Luft plötzlich gegen den Messing- oder Holzkegel (2077) herausgelassen wurde, so machte sie denselben negativ, genau wie der Strom aus Dampf und Wasser (2097). Ich schrieb dieses den Wassertheilchen zu, welche durch die Ausdehnung und Abkühlung der an dem Metall oder Holz sich reibenden Luft verdichtet werden. Solche Theilchen werden in dem erscheinenden Nebel sichtbar, so wie auch dadurch,

1) Auch Hr. Armstrong hat Luft in gröfseren Quantitäten angewandt. *Phil. Mag.* 1841, *Vol. XVIII p.* 113, 328.

dafs sie die Oberfläche des Holzes oder Metalls feucht machen. Die hiebei entwickelte Elektricität stimmt ganz mit der durch Dampf und Wasser erregten, und widerspricht der Ansicht, dafs sie von der Verdampfung herrühre (2083), auf's Schlagendste.

2131) Als man jedoch gemeine Luft gegen Eis strömen liefs, machte sich dieses positiv, ein Mal wie das andere, während sie dazwischen Holz und Metall negativ elektrisirte. Diefs bestätigt die hohe Positivität, welche schon dem Wasser beigelegt wurde (2107).

2132) Bei Versuchen mit trockner Luft (2129) fand ich, dafs sie in allen Fällen ganz *unfähig* war, an Kegeln von Holz, Schwefel oder Messing (2077. 2097) Elektricität zu erregen; allein wenn ich, mitten in diesen Versuchen, einen Theil der Luft, sogleich nach ihrer Compression, herausliefs, ihr nicht Zeit zum Trocknen liefs, so machte sie das geriebene Holz oder Messing negativ (2130). Diefs ist für mich ein überzeugender Beweis, dafs in den früheren Fällen der Effect von dem verdunsteten Wasser herrührte, und dafs *weder Luft allein noch Dampf allein* Körper, wie Messing u. s. w., so erregen kann, dafs sie die in Untersuchung genommenen Erscheinungen zeigen.

2133) Hierauf befestigte man die Büchse *C* an diesem Luft-Apparat und machte die Versuche mit verschiedenen in dieselbe gebrachten Substanzen (2108): dabei gemeine Luft als fortführendes Vehikel gebrauchend.

2134) Mit destillirtem Wasser in *C* war der Metallkegel ab und zu negativ, häufiger aber neutral. Der Mangel eines immerwährenden Luftstroms störte sehr die gehörige Abpassung des gehörigen Antheils Wasser in dem austretenden Strom.

2135) Mit gemeinem Wasser (2090), einer sehr verdünnten Salzlösung, sehr verdünnter Säure (2091) oder Ammoniak konnte ich niemals irgend eine Spur von Elektricität erhalten.

2136) Mit Terpenthinöl allein in der Büchse *C* wurde

der Metallkegel positiv, wurden aber Wasser und Terpenthinöl zugleich hineingethan, so wurde der Kegel sehr *positiv*, weit mehr als zuvor. Gegen Eis gesandt, ward dieses positiv.

2137) Baumöl und Wasser oder alkoholische Harzlösung und Wasser auf dieselbe Weise in *C* gebracht, machte den Kegel positiv, genau wie wenn diese Substanzen durch den Strom mit fortgerissen wären.

---

2138) Obwohl die Untersuchung, was den Dampfstrom betrifft, hiemit als geschlossen betrachtet werden konnte, so wurde ich doch veranlafst im Zusammenhang mit dem Gegenstand einige Versuche mit dem Luftstrom und trocknen Pulvern zu machen. *Schwefelblumen* machten sowohl Metall als Holz, ja selbst einen Schwefelkegel negativ; nur einmal machten sie das Metall positiv. *Gepülvertes Harz* machte im Allgemeinen Metall negativ und Holz positiv, zeigte aber Unregelmäfsigkeiten und gab oft *beide Zustände in einem und demselben Versuch*, indem es anfangs die Goldblättchen zum Divergiren brachte und sie doch am Ende ungeladen liefs. *Gummi* gab unstete und doppelte Resultate wie das Harz. *Stärke* machte Holz negativ. *Kieselerde*, entweder als fein gepülverter Bergkrystall oder als Niederschlag aus Fluorkieselsäure durch Wasser, gab sehr beständige und kräftige Resultate; sie machte sowohl Metall als Holz stark positiv, und wenn sie mit einem feuchten isolirten Brett aufgefangen wurde, zeigte sie sich negativ.

2139) Diese Versuche mit Pulvern veranlassen ein Paar Bemerkungen. Zunächst ward der hohe Grad von Reibung, der zwischen den vom Dampf oder von der Luft fortgeführten Theilchen stattfindet, wohl erläutert durch den Vorgang beim Schwefel. Er zeigte sich in dem ihm entgegengehaltenen Kegel von trocknem Buchsbaumholz mit solcher Kraft eingetrieben, dafs er nicht

abgewaschen oder abgewischt werden konnte, sondern nur durch Abkratzen zu entfernen war. Nächstdem waren die *doppelten* Erregungen sehr merkwürdig. Bei einem Versuch öffneten sich die Goldblättchen anfangs sehr weit und fielen dann plötzlich zusammen, während der Strom noch fortdauerte, und zuletzt blieben sie neutral, oder sehr wenig positiv oder negativ zurück. Diefs war besonders der Fall beim Gummi und Harz. Die Anhaftung einiger der zu Anfange des Blasens herausgerissenen Theilchen an das Holz und der Niederschlag von Feuchtigkeit durch die Ausdehnung der Luft sind Umstände, welche, neben andern, diese veränderlichen Resultate hervorzubringen suchen.

2140) Schwefel ist nahe, und Kieselerde sehr constant in den Resultaten, doch sind ihre Zustände die umgekehrten von denen, die man wohl erwarten möchte. Schwefel in Stücken ward negativ beim Reiben an Holz oder irgend eins der von mir versuchten Metalle und machte diese *positiv* (2141), und doch machte er in den obigen Versuchen immer beide negativ. Kieselerde, als Krystall, an Harz und Metall gerieben, macht diese *negativ*; allein so angewandt wie oben, macht sie dieselben stark positiv. Diese Verschiedenheiten müssen eine natürliche Ursache haben; für jetzt müssen sie jedoch als unvollkommene Resultate stehen bleiben, da ich nicht Zeit habe sie weiter zu untersuchen.

2141) Zur Erläuterung der Wirkungen, die Dampf und Wasser beim Reiben mit andern Körpern gaben, rieb ich diese anderen Körper (2099) paarweise zusammen, um ihre Ordnung zu ermitteln. Ich fand sie wie folgt:

1) Katzen- oder Bärenhaar
2) Flanell
3) Elfenbein
4) Federkiel
5) Bergkrystall
6) Flintglas
7) Baumwolle
8) Leinwand, Segeltuch
9) Weifse Seide
10) Die Hand

11) Holz
12) Lack
13) Metalle (Eisen, Kupfer, Messing, Zinn, Silber Platin)
14) Schwefel

Jeder dieser Körper wurde negativ gegen die vorhergehenden und positiv gegen die nachfolgenden. Es giebt jedoch einige Ausnahmen von dieser Regel. So war eine Stelle eines Katzenfells sehr negativ gegen eine andere und selbst gegen Bergkrystall. Auch verschiedene Stücke Flanell wichen sehr von einander ab.

2142) In einigen Fällen macht auch die Art des Reibens einen grofsen Unterschied, obwohl es nicht leicht ist zu sagen warum, da die Theilchen, welche wirklich reiben, denselben constanten Unterschied darbieten müfsten. Eine Feder leicht auf Segeltuch hinweggestrichen, wird stark negativ, und dennoch wird dieselbe Feder, mit etwas Druck zwischen den Falten desselben Segeltuch durchgezogen, stark positiv. Diese Effecte wechseln ab, so dafs es leicht ist, den einen Zustand in einem Moment fortzunehmen durch den Grad des Reibens, der den andern Zustand hervorruft. Halbirt man ein Stück Flanell und zieht die beiden Stücke quer auf einander hin, so haben beide unregelmäfsig verschiedene Zustände, oder dasselbe Stück zeigt beide Zustände an verschiedenen Slellen, oder beide Stücke zeigen sich zuweilen negativ, in welchen Fällen ohne Zweifel die Luft positiv geworden und darauf entwichen seyn mufs.

2143) Elfenbein ist merkwürdig in seinem Verhalten. Es ist sehr schwierig durch Reiben an Metall zu erregen, schwieriger als Leinwand, Baumwolle, Holz u. s. w., welche in der Skale (2141) unter ihm stehen und zugleich bessere Leiter sind. Dennoch würden die beiden Umstände erwarten lassen, dafs es, beim Reiben an Metallen, besser als sie erregte. Diese Eigenschaft hat wahrscheinlich Einflufs darauf, dafs eine Röhre von ihm den Dampf nicht erregt (2102).

2144) Ehe ich diesen Aufsatz schliefse, will ich er-

wähnen, dafs eine dünne Elfenbeinröhre, die ich zu vielen Versuchen mit Oel, Harz u. s. w. in einem Kork (2076) befestigt hatte, zuletzt einen solchen Zustand annahm, dafs sie nicht nur einen erregenden Kanal für den Dampf darstellte, sondern auch auf ihn einen vernichtenden Einflufs ausübte, denn der durch sie strömende Strahl von Dampf und Wasser erregte keine Elektricität an irgend einem der vorgehaltenen Körper, wie bei einer früheren Gelegenheit (2099). Die Röhre war anscheinend ganz rein, und ward späterhin in Alkohol getränkt, um alles Harz zu entfernen, behielt aber seinen eigenthümlichen Zustand.

2145) Endlich will ich noch sagen, dafs die Ursache der Elektricitäts-Erregung bei der Freilassung von eingeschlossenem Dampf nicht Verdampfung ist, sondern, wie ich glaube, Reibung, dafs sie also mit der allgemeinen Elektricität der Atmosphäre und deren Erzeugung in keinem Zusammenhang steht, und dafs, so weit ich zu ermitteln vermochte, reine Gase, d. h. Gase, unvermengt mit starren oder flüssigen Theilchen, bei Reibung an starren und flüssigen Substanzen keine Elektricität erregen [1]).

1) Vergl. Armstrong, *Phil Mag. Vol. XVII pp.* 370 und 452; *Vol. XVIII pp.* 50, 123 und 328; *Vol. XIX p.* 25; *Vol. XX p.* 5; *Vol. XXII p.* 1. — Pattinson, *Phil. Mag. Vol. XVII pp.* 375, 457. — Schafhaeutl, *Phil. Mag. Vol. XVII p.* 449; *Vol. XVIII pp.* 14, 95, 265. — [Von diesen Aufsätzen wird es jetzt genügen, den letzten des Hrn. Armstrong mitzutheilen. *P.*]

## II. *Ueber den Dampf als ein Mittel zur Elektricitäts-Erregung, und über die sonderbare Wirkung eines Dampfstrahls auf eine Kugel; von W. G. Armstrong.*

(*Philosoph. Magaz. Ser. III Vol. XXII p.* 1.)

Die Versuche, die ich seit meiner letzten Mittheilung angestellt, haben den Schlufs, zu welchen ich damals gelangt, vollkommen bestätigt, nämlich, dafs die Elektricitäts-Erregung dort stattfindet, wo der Dampf eine Reibung erfährt. Durch Verbesserung der Ausströmungsweise des Dampfs habe ich die Wirksamkeit desselben so erstaunlich erhöht, dafs es sich fragt, ob jemals eine Elektrisirmaschine construirt worden sey, die so viel Elektricität entwickelt als mein Dampfkessel (*electrical boiler*). Jedenfalls besitzt dieser Kessel über *sieben* Mal mehr Kraft als eine vortreffliche Maschine mit einer Platte von drei Fufs Durchmesser bei 70maliger Umdrehung in einer Minute. Der Vergleich wurde mittelst eines Entladungs-Elektrometers gemacht; Folgendes wird eine Idee von der von beiden Erregern gelieferten Elektricitätsmenge geben.

Die Flasche des Elektrometers fafste nahe $\frac{1}{2}$ Gallone, und ihre belegte Oberfläche, beide Seiten gerechnet, hielt 198 Quadratzoll. Der gegenseitige Abstand der Elektrometerkugeln betrug ein Drittelzoll.

Anzahl der Entladungen in der Minute, wenn das Instrument mit dem ersten Conductor der Maschine verbunden war:

$$=29.$$

Anzahl der Entladungen in der Minute, bei Verknüpfung mit dem isolirten Dampfkessel:

$$=220.$$

Bei Verknüpfung des Elektrometers mit dem Dampfkessel erfolgten die Entladungen so aufserordentlich rasch, dafs es schwierig war, sie mit Genauigkeit zu zählen; doch ist die angegebene Zahl nicht übertrieben.

Als Dampfkessel diente ein gebrauchter Eisencylinder mit runden Enden, von 3,5 Fufs Länge und 1,5 Fufs im Durchmesser. Er ruhte auf einem eisernen Rahmen, welcher das Feuer enthielt, und der ganze Apparat stand, zur Isolation, auf Glasfüfsen. Die Vorrichtung zum Heizen war unglücklicherweise sehr unvollkommen, und daher konnte der Kessel auf längere Zeit nicht so viel Dampf liefern, als zur Hervorbringung der angegebenen Effecte nöthig ist. Eine kurze Pause reichte jedoch hin, die erforderliche Spannkraft wieder herzustellen und den Kessel wirksam zu machen.

Es ist bequemer und zweckmäfsiger die Elektricität von dem Kessel zu sammeln als von der Dampfwolke; allein um die höchsten Wirkungen von dem Kessel zu erhalten, mufs die Elektricität des Dampfs mittelst geeigneter Leiter in den Erdboden geleitet werden.

Ungeachtet, bei starker Spannung, durch den Staub und die Ausdünstungen des Feuers, so wie durch die eckigen Vorsprünge des Apparates, eine ungeheure Menge Elektricität entweicht, kann ich doch 12 Zoll lange Funken in rascher Folge aus den zugerundeten Enden des Kessels hervorziehen; und wahrscheinlich würden noch weit längere Funken erhalten werden, wenn man mit dem Apparat eine hervorstehende Kugel von gehörigen Dimensionen verbände.

Ich finde es wesentlich für eine starke Elektricitäts-Entwicklung, dafs dem Dampf etwas Wasser beigemischt sey, obwohl diefs, aus einer Ursache, die nicht erklärt zu werden braucht, nicht der Fall zu seyn schien bei den Versuchen, die ich früher mit einem Dampferzeuger aus Kanonenmetall anstellte.

Ein Stück hartes Holz, wie Ebenholz (*or partridge*

*wood*), ist, meiner bisherigen Erfahrung nach, das beste Material für den Entladungskanal; allein die gegenwärtigen kräftigen Wirkungen erhielt ich besonders, wenn ich vor dem Holzkanal eine Messingkappe von eigenthümlicher Construction anbrachte. Das Holzstück, welches den Ausgangskanal bildet, ist, der zweckmäfsigen Befestigung halber, in Form eines Pfropfens anzuwenden; die erwähnte Messingkappe wird an dem dünneren Ende des Pfropfens befestigt. Man sieht sie abgebildet in Taf. I Fig. 7, welche einen Längendurchschnitt des Pflocks in voller Gröfse darstellt, und sowohl den Kanal in dem Holz als die innere Einrichtung der Kappe zeigt. Der Pfeil giebt die Richtung des durchströmenden Dampfes an, erstlich in einem in Messing gemachten Seitenschlitz oder Sägenschnitt von etwa $\frac{1}{30}$ Zoll Breite, dann in einem runden Loch von etwa $\frac{1}{10}$ Zoll Weite in der Mitte der Kappe, und endlich in dem Holzkanal, aus welchem er in die Luft entweicht. Der Kanal in dem Holz ist cylindrisch und etwas weiter als das runde Loch in dem Messing. Fig. 8 Taf. I ist ein Hahn mit einer Dille zur Aufnahme des Pflocks, welcher oben durch eine Schraubenmutter fest niedergeschraubt wird.

Verschiedene Hähne von dieser Einrichtung, jeder versehen mit einem solchen Holzpfropfen, wie eben beschrieben, wurden eingeschraubt in ein eisernes Gefäfs, das mit dem Kessel verbunden war, und in welchem sich, durch Verdichtung, die nöthige, vom Dampfe fortzuführende Menge von Feuchtigkeit ablagerte. Der Dampf wurde bei einem Druck von etwa 70 Pfund auf den Quadratzoll angewandt und horizontal in einem divergirenden Strahl entladen. Jeder Strahl giebt ganz eben so viel Elektricität als eine gute Elektrisirmaschine von gewöhnlichen Dimensionen; und wenn man erwägt, dafs ein Kessel von gleicher Verdampfungskraft wie eine Locomotive hunderte solcher Strahlen zu liefern im Stande wäre, so kann man sich eine Idee machen von der un-

geheuren Elektricitätsmenge, die mittelst des Dampfes zu erregen wäre.

Obwohl es vollkommen klar ist, dafs die Elektricität in dem Ausgangskanal erregt wird, wo der Dampf eine heftige Reibung erfährt, so ist doch die von mir beschriebene Ausströmungsweise weder durch eine besonders heftige Reibung noch durch eine besondere Gröfse der vom Dampf geriebenen Fläche ausgezeichnet. Ich fühle daher grofse Schwierigkeit, die aufserordentliche Wirksamkeit derselben durch die Annahme zu erklären, dafs *Reibung* allein die Ursache der Elektricitäts-Erregung sey.

Im Laufe meiner Versuche habe ich am Dampfstrahl eine sehr sonderbare Wirkung beobachtet, welche meines Wissens noch nicht beschrieben worden ist. Wenn eine Kugel in einen aufrechten Strahl von starkgespanntem Dampf getaucht wird, so bleibt sie, ohne anderweitige Unterstützung, in demselben schweben, und wenn man sie mittelst einer daran angebrachten Schnur seitwärts zu ziehen sucht, so findet man, dafs dazu eine ganz fühlbare Kraft erforderlich ist. Noch auffallender wird der Versuch, wenn man den Strahl schief in die Höhe gehen läfst; dann nimmt die Kugel eine von der Röhrenmündung entferntere Lage an, bleibt aber in derselben, ungeachtet die Schwerkraft jetzt einen Winkel mit dem Dampfstrahl macht. Eine Hohlkugel von dünnem Messing oder Kupfer, zwei bis drei Zoll im Durchmesser, entspricht dem Zweck sehr gut, wenn der Dampf aus einer Oeffnung von nicht weniger als 0,05 Quadratzoll Flächenraum hervorschiefst.

In dem wohl bekannten Versuch, wo eine Kugel von einem Wasserstrahl getragen wird, ruht dieselbe blofs in der Vertiefung, welche das Wasser beim Uebergang aus der aufsteigenden in die niederfallende Bewegung bildet. Diefs ist etwas ganz anderes als das Schwebenbleiben mitten in dem Dampfstrom.

## III. *Beschreibung einer für die polytechnische Anstalt zu London angefertigten „Hydro-Elektrisirmaschine“ und einiger damit angestellten Versuche; von W. G. Armstrong.*

(Freier Auszug aus dem *Phil. Mag. Ser. III Vol. XXIII p.* 194)

Die starken elektrischen Wirkungen, welche Hr. Armstrong in der letzten Zeit mit ausströmendem Dampf erhielt, haben die Vorsteher der *polytechnic Institution* zu London veranlafst, für diese Anstalt einen eigends eingerichteten Apparat anfertigen, und Hrn. A. damit eine Reihe von Versuchen anstellen zu lassen.

Dieser Apparat, welchen Hr. A. den Namen »*Hydro-electric Machine*» giebt, besteht aus einem Dampfkessel in Form eines Cylinders aus gewalztem Eisen, $3\frac{1}{2}$ Fufs im Durchmesser und $6\frac{1}{2}$ Fufs lang, abgerechnet die Rauchkammer, welche einen Fortsatz am Cylinder bildet und dessen Länge im Ganzen auf 7 Fufs bringt. Der Feuerheerd ist in dem Kessel enthalten, und die erhitzte Luft wird in Röhren durch das Wasser zu der mit dem Schornstein verbundenen Rauchkammer geführt. Der Apparat ruht, drei Fufs über dem Boden, auf sechs starken Stützen von dunkelgrünem Glase, welche sehr gut isoliren.

Der Dampf entweicht durch sechs und vierzig eiserne Röhren, in welchen die Kälte der äufseren Luft so viel Wasser niederschlägt als der Dampf mit fortführen mufs. Jede dieser Röhren ist am Ende mit einer Mündung von der Einrichtung versehen, wie sie im vorhergehenden Aufsatz beschrieben und abgebildet worden. Die Wirksamkeit dieser Mündung (oder vielmehr des darunter befindlichen eingesägten Stücks Messing) beruht, nach Hrn. A. dar-

darauf, dafs sie den Dampf ausbreitet, und dadurch kräftig gegen die Wand des Holzkanals reibt.

Der Dampf strömt gegen eine Reihe von Metallspitzen, die mit dem Boden in Verbindung stehen und somit die Elektricität des Dampfes ableiten. Wenn eine bedeutende Menge Elektricität ohne grofse Funken verlangt wird, werden diese Spitzen dicht vor die Dampfstrahlen gestellt; will man aber eine hohe Spannung haben, so entfernt man die Spitzen bis drei oder vier Fufs von den Ausströmungsöffnungen.

Als einen ersten Beweis von der Kraft dieses Apparats wird angeführt, dafs eine grofse Leidner Flasche, welche sich, wenn sie mit der kolossalen Elektrisirmaschine des Instituts versucht wird, 50 Mal freiwillig in einer Minute entladet, in gleicher Zeit 140 solcher Entladungen giebt, wenn sie mit dem Dampfapparat verbunden wird.

Die Funken, welche der Kessel giebt, obwohl bisweilen zwei und zwanzig Zoll lang, sind doch keineswegs seinen übrigen Wirkungen angemessen.

Die gröfste Kraft entwickelt er, wenn die Elektricität in Form eines Stroms, ohne zerreifsende Entladungen, ausgezogen wird. So wird die wahre elektrolytische Wasserzersetzung, welches bisher niemals unzweifelhaft mit der Reibungs-Elektricität erhalten worden ist, auf die klarste und entschiedenste Weise durch diese Maschine zu Stande gebracht.

Folgender Versuch wird diefs zur Genüge darthun. Es wurden zehn Weingläser in eine Reihe gestellt. No. 1 und 2 enthielten destillirtes Wasser, No. 3 und 4 destillirtes Wasser, gesäuert mit einem Sechstel seines Volums Schwefelsäure, No. 5 Glaubersalzlösung, geröthet mit gesäuertem Lackmus, No. 6 Glaubersalzlösung, gebläut mit Lackmus, No. 7 Bittersalzlösung, geröthet mit gesäuertem Lackmus, No. 8 Bittersalzlösung, gebläut mit

Lackmus, No. 9 destillirtes Wasser, geröthe tmit gesäuertem Lackmus, und No. 10 dasselbe, gebläut mit Lackmus.

Glasröhren von $3\frac{1}{2}$ Zoll Länge und $\frac{1}{6}$ Zoll Weite, die oben verschlossen, mit den respectiven Flüssigkeiten gefüllt, und am oberen Ende mit eingeschmolzenen, theils hinein- ($\frac{5}{4}$ Zoll tief), theils herausragenden Platindrähten versehen waren, verbanden, mittelst dieser Drähte, die Gläser No. 2 und 3, 4 und 5, 6 und 7, 8 und 9, während die Gläser 1 und 2, 3 und 4, 5 und 6, 7 und 8, 9 und 10 durch nasse Baumwollenfäden verbunden waren, und zwei Röhren von der beschriebenen Einrichtung, die eine im Glase 1 und die andere im Glase 10, zur Durchleitung des von Dampf erzeugten Stromes dienten, indem die erstere verknüpft war mit dem Dampfkessel und die letztere mit einem Entladungsapparat, bestehend aus einer bleiernen Röhrenleitung, die zu einem Brunnen führte.

So wie die Dampf-Elektrisirmaschine in Thätigkeit gesetzt ward, erschienen Gasblasen an allen Drähten, an den negativen genau in doppelter Volumenmenge als an den positiven, und es zeigte sich bei nachheriger Untersuchung, dafs das erste Wasserstoff und das letzte Sauerstoff war; nach zwei bis drei Minuten ward das destillirte Wasser in 9 ringsum den Draht blau, und das in 10 roth, und ähnliche Farbenveränderungen traten, wenn auch nicht so rasch, in den Glaubersalz- und Bittersalzlösungen ein. Der Versuch ward fortgesetzt, bis die Spannkraft des Dampfes von 75 Pfund auf 40 Pfund pro Quadratzoll herabgesunken war. Dann wurde der Dampf abgesperrt, der Kessel verschlossen gehalten, bis die Spannkraft wieder auf ihren anfänglichen Werth gelangt war, und nun der Versuch mehrmals wiederholt, immer mit demselben Erfolg.

Es war keine Abnahme in der Menge der entwikkelten Gase zu spüren, wenn in dem Ableitungsdraht irgendwo eine kleine Unterbrechung angebracht ward, so

dafs die Elektricität, statt in einem stetigen Strom überzugehen, es in kurzen Funken that.

Bei ähnlichen Versuchen leitete man den Strom blofs durch zwei mit destillirtem Wasser gefüllte Gläser, die durch einen Seidenfaden mit einander verbunden waren. Es zeigte sich dabei die von der Volta'schen Säule her wohl bekannte Erscheinung, dafs das Niveau in dem den negativen Pol enthaltenden (auf Seite des Dampfkessels stehenden) Glase bedeutend stieg und in dem andern sank.

Es wurde hiebei indefs noch eine andere interessante Erscheinung beobachtet. Als nämlich die beiden Gläser (Spitzgläser) bis zum Rande mit dem Wasser gefüllt, auf 0,4 Zoll mit ihren Rändern einander genähert, und durch einen feuchten Seidenfaden, der lang in das Wasser beider herabschlängelte, verbunden wurden, zeigte sich:

1) Dafs sogleich zwischen beiden Gläsern eine den Faden einhüllende Wassersäule entstand, und der Seidenfaden sich von dem mit dem negativen (zum Kessel führenden) Pol verbundenen Glase zu dem andern in Bewegung setzte, und sehr bald in dieses, das den positiven oder zum Erdboden führenden Pol enthielt, herübergezogen war.

2) Dafs, nachdem diefs geschehen, das Wasser einige Secunden fortfuhr, und zwar ohne Hülfe des Fadens, zwischen beiden Gläsern ausgestreckt zu bleiben, und dafs darauf, als es sich zertheilte, die Elektricität in Funken überging.

3) Dafs wenn der Seidenfaden mit seinem Ende im negativen Glase befestigt ward, das Wasser im positiven Glase abnahm und im negativen anwuchs, deutlich zeigend, dafs seiner Bewegung der des Drahts, bei freier Beweglichkeit, entgegengesetzt war.

4) Bei Aufschüttung von Staubtheilchen auf die Oberfläche des Wassers gewahrte man, dafs zwischen den Gläsern zwei entgegengesetzte Ströme vorhanden waren, einen inneren vom negativen zum positiven Glase, und einen äufsern, den andern einschliefsend, vom positiven

zum negativen. Zuweilen reichte der äufsere Strom nicht in das negative Glas, sondern tröpfelte an der Aufsenseite desselben herab, und dann häufte sich das Wasser nicht im negativen Glase an, sondern verminderte sich sowohl in diesem als dem positiven.

5) Nach vielen fruchtlosen Versuchen gelang es, das Wasser auf mehre Minuten, ohne Hülfe eines Fadens von einem Glase zum andern übergehend zu machen. Nach Verlauf dieser Zeit konnte an der Wassermenge in beiden Gläsern keine merkliche Veränderung wahrgenommen werden. Es schien daher, dafs die beiden Ströme beinahe, wenn nicht gar ganz gleich seyen, sobald der innere nicht durch Reibung an den Faden verzögert wird.

Es ist wesentlich für das Gelingen dieses Versuches, dafs das Wasser in den Gläsern vollkommen rein sey; die geringste Verunreinigung macht das Wasser auf dem Faden sieden, statt in der beschriebenen Weise zwischen den beiden Gläsern überzugehen, und in dem Augenblick wird der Faden beinahe trocken und durch die vom elektrischen Strom entwickelte Hitze zerstört. Um den Erfolg zu sichern, mufste Wasser, das in Glasgefäfsen destillirt worden, angewandt werden; denn es fand sich, dafs das in den Apotheken käufliche destillirte Wasser nicht rein genug war.

Auch andere chemische Wirkungen, wie die Fällung von Kupfer aus seiner Lösung auf Silber, die Zersetzung von Jodkalium u. s. w., liefsen sich mittelst dieser Elektrisirmaschine vollständig bewirken.

Endlich gelang es auch, indem die vom Dampf entwickelte Elektricität durch ein Drahtgewinde geleitet wurde, die Magnetnadel abzulenken und einen Cylinder von weichem Eisen zu magnetisiren.

## IV. *Beschreibung eines Maximum- und Minimum-Barometers, und einige Bemerkungen hierüber; von Gustav Bischof in Bonn.*

Die Construction eines Maximum- und Minimum-Barometers, welches, wie die bekannten Maximum- und Minimum-Thermometer, das Maximum und Minimum des Barometerstandes innerhalb einer gewissen Zeit markirt, ist schon längst als ein Bedürfnifs gefühlt worden, und es fehlt auch nicht an früheren Versuchen, ein solches darzustellen. So wie mir scheint, ist diesem Ziele Hr. Geifsler, ein sehr geschickter Glasbläser, so nahe, als man nur immer wünschen kann, gekommen. Schon seit länger als einem Jahre ist er damit beschäftigt; zu verschiedenen Zeiten zeigte er mir seine progressiv fortschreitenden Verbesserungen; mancherlei Projecte zur weiteren Vervollkommnung tauchten zwischen uns auf. Mit unermüdlicher Beharrlichkeit verfolgte er sein Ziel, scheute keinen Zeit- und Geldaufwand, und brachte sonach der Wissenschaft nicht unbedeutende Opfer. Seit Anfang dieses Jahres überliefs er mir sein Instrument, um damit Beobachtungen anzustellen und es zu prüfen.

Ich lasse demnächst die Beschreibung desselben folgen, und theile hierauf einige Bemerkungen mit, zu welchen meteorologischen Beobachtungen es sich vorzugsweise eignen möchte.

Eine gewöhnliche Barometerröhre *ab*, Fig. 9 Taf. I, länger als 28 Zoll, ist in ein kugelförmiges Gefäfs *g* luftdicht eingeschmolzen, und endigt sich in der Mitte desselben trichterförmig. An dem Gefäfse ist eine zweite Barometerröhre *cd* angeblasen, welche sich oben etwas verengt, und unten heberförmig umgebogen ist. Werden beide Röhren nebst dem Gefäfse *g* mit Quecksilber ge-

füllt und ausgekocht, und die Röhre *ab* in ein mit Quecksilber gefülltes Gefäfs gestellt, so wird in ihr das Quecksilber bis zum augenblicklichen Barometerstande herabsinken, und z. B. an der Mündung *b* stehen bleiben. In der zweiten Röhre wird das Quecksilber etwa bis zu *c* herabsinken und das Ueberschüssige aus *d* auslaufen. Ueber diesen beiden Quecksilberständen wird sich mithin eine Torricellische Leere bilden. Wenn nun der Luftdruck zunimmt, so wird bei *b* so viel Quecksilber ausfliefsen, bis die Höhe der Quecksilbersäule dem Luftdrucke entspricht, und das Quecksilber in dem Gefäfse *f* wird sinken. Je weiter das Gefäfs ist, desto gröfser wird die bei *b* ausfliefsende Menge des Quecksilbers seyn. Es ist klar, dafs auch die Röhre *cd* ein Barometer ist, und mithin die Quecksilbersäule darin ebenfalls durch zunehmenden Luftdruck sich verlängert; da aber die Röhre bei *c* und *d* sehr eng ist, ungefähr $\frac{1}{4}$ Lin. Durchmesser hat, während der Durchmesser des Gefäfses ungefähr 2 Zoll ist, so verhält sich der Querschnitt jener Röhre zu dem des Gefäfses wie 1 : 9216. Die gröfsere Menge Quecksilber, welche also wegen der Verlängerung der Quecksilbersäule in *cd* stehen bleibt, verschwindet gegen diejenige Quantität, welche durch den vermehrten Luftdruck aus dem Gefäfse *f* in die Röhre *ab* getrieben wird und unten bei *b* abfliefst. Uebrigens kann man diese, im Verhältnifs zu der ganzen Menge Quecksilbers, welche abfliefst, verschwindende Quantität, die in der Röhre *cd* zurückbleibt, in Rechnung bringen.

Die heberförmig gebogene Röhre *hik* dient als Skale für das beschriebene Barometer. Sind die Durchmesser dieser Röhre und des Gefäfses *f* genau ausgemittelt, so findet sich die Höhe des in die Mefsröhre abfliefsenden Quecksilbers, wenn das Quecksilber in dem Gefäfse z. B. um 1 Linie gesunken ist. Man hat es daher ganz in seiner Gewalt, die geringste Zunahme des Luftdrucks in der Mefsröhre noch merklich zu machen. Ist z. B. der

Querschnitt des Gefäfses *f* zwanzig Mal so grofs wie der der Mefsröhre, so wird ein Steigen des Quecksilbers im Gefäfse ein Steigen von 20 Linien in der Mefsröhre geben. Nach diesem Verhältnisse der beiden Durchmesser ist die Mefsröhre graduirt [1]).

Es versteht sich von selbst, dafs die Quecksilbersäule in dem Gefäfse *f* *wenigstens* so hoch seyn müsse, als die Barometerveränderungen an dem Orte betragen, wo das Barometer aufgestellt werden soll, und dafs mithin *ik*, nach dem eben angeführten Beispiele, wenigstens zwanzig Mal so lang seyn müsse, als die Quecksilbersäule in dem Gefäfse.

Die Ziffern an der Mefsröhre richten sich natürlich nach der Höhe des Orts über der Meeresfläche. Ist z. B. der mittlere Barometerstand 27 Zoll, so kommt ungefähr die Ziffer 27 an dem in der Mitte der Mefsröhre befindlichen Theilstrich zu stehen.

Das Steigen des Barometers nimmt man nicht blofs an der Verlängerung der Quecksilbersäule in der Mefsröhre wahr, sondern man *hört* es sehr deutlich; denn da die bei *b* ausfliefsenden Quecksilbertropfen in einer Torricellischen Leere auf das in *dc* stehende Quecksilber herabfallen, so verursacht diefs ähnliche Schläge wie im Wasserhammer. Diese Schläge sind so laut, dafs man sie überall in einem grofsen Zimmer hören kann, worin das Barometer aufgestellt ist. Befindet sich daher das Barometer im Schlafzimmer, so kann man während der Nacht deutlich hören, ob es steigt. Die Ausflufsröhre bei *b* ist so sinnreich construirt, dafs nicht gröfsere Quantitäten Quecksilber stofsweise ausfliefsen,

1) Es ist indefs nicht duchaus nöthig, dafs die Mefsröhre zweischenklich ist. Sie kann eben sowohl aus einer einzelnen graduirten Röhre bestehen, und begreiflicherweise verdoppelt sich dann die Empfindlichkeit. Der Künstler hat einer zweischenklichen Röhre den Vorzug gegeben, weil in ihr die Beweglichkeit des Quecksilbers verhindert, dafs beim Abtropfen desselben keine Luftblasen eingefangen werden.

sondern das Ausfliefsen stets tropfenweise erfolgt. Es machte dem Künstler besondere Mühe, bis er die gehörige Construction dieser Ausflufsröhre fand, damit dieser Zweck erfüllt werde. In dem Barometer, welches ich von ihm besitze, fallen 261 Tropfen Quecksilber ab, wenn es um 1 Linie steigt. Zählt man daher die Schläge innerhalb einer gewissen Zeit, so kann man daraus auf die Höhe, um welche das Barometer in dieser Zeit stieg, schliefsen. Erfolgt das Steigen rasch, so hört man auch die Schläge rasch hinter einander und umgekehrt. Beobachtet man das Barometer nur einige Wochen lang in seinem Wohnzimmer, so kommt man bald dahin, aus den schneller oder langsamer auf einander folgenden Schlägen auf die gewöhnlichen Folgen des schnelleren oder langsameren Steigens des Barometers zu schliefsen.

Liest man jedesmal innerhalb einer gewissen Zeit, z. B. innerhalb 24 Stunden, an den Mefsröhren ab, so findet man das Maximum des Barometerstandes für diese Zeit. Es ist aber freilich zu bemerken, dafs dieses Maximum abhängig von der Temperatur ist, die zur Zeit, als es eintrat, herrschte; daher findet es sich nur approximativ, und in dieser Beziehung läfst das Barometer noch etwas zu wünschen übrig [1]). Der Künstler hatte jedoch die Absicht, diesen Mangel auf folgende Weise zu ergänzen:

Er beabsichtigte nämlich das Gefäfs *f* an eine Metallstange zu hängen, deren oberes Ende oberhalb des Barometers an der Mauer befestigt ist. Kennt man das Verhältnifs der Ausdehnung zwischen dem Quecksilber und dieser Stange, so bestimmt sich daraus die Länge, welche man der Stange zu geben hat, damit ihre Ausdehnung, durch irgend eine Temperatur, der des Queck-

1) Es gilt übrigens für dieses Barometer, wie für jedes andere, die allgemeine Regel, es an einem Orte aufzuhängen, wo die Temperatur sich wenig ändert.

silbers in der Barometerröhre gleich wird. Das an das untere Ende der Metallstange befestigte Gefäſs $f$ würde also unter diesen Umständen durch die Zu- oder Abnahme der Temperatur um eben so viel hinab- oder hinaufgeschoben werden, als die Quecksilbersäule sich verlängert oder verkürzt. Auf diese Weise würde sich der Barometerstand nach der jedesmaligen Temperatur von selbst corrigiren. Wenn auch diese Correction nicht absolut wäre, da die Metallstange früher von der Temperatur afficirt werden würde, wie das in die Glasröhre eingeschlossene Quecksilber, so würden doch die Wirkungen der veränderlichen äuſseren Temperatur dadurch gröſstentheils eliminirt.

Da indeſs die lineare Ausdehnung des Quecksilbers ungefähr zehn Mal so groſs ist, als die des Kupfers, so würde die Stange, wenn man sie aus Kupfer machen wollte, eine sehr unbequeme Länge bekommen, und daher möchte es vorzuziehen seyn, die Metallstange an den kurzen Arm eines einarmigen Hebels zu befestigen, an dessen längerem Arme das Quecksilbergefäſs befestigt wäre. Es ist übrigens nicht zu verkennen, daſs bei der Ausführung dieser Idee manche practische Schwierigkeiten entgegentreten dürften.

Nachdem man bei der dermaligen Einrichtung des Barometers das Maximum des Barometerstandes innerhalb einer gewissen Zeit gefunden hat, so öffnet man den Hahn $l$ an der Meſsröhre und läſst eine Portion Quecksilber in ein kugelförmiges Glasgefäſs flieſsen, welches in eine Spitze ausgezogen ist, um das Quecksilber wieder bequem in das Gefäſs $f$ zurückgieſsen zu können. Sollte das Quecksilber noch nicht bei $b$ zum Ausflieſsen kommen, so wiederholt man dieses Ablassen so oft, bis das Quecksilber ausflieſst. Beobachtet man, nachdem der letzte Tropfen ausgeflossen ist, den Stand des Quecksilbers in der Meſsröhre, so findet sich der Barometerstand im Augenblicke der Beobachtung, und es ist klar, daſs

wenn gerade in diesem Momente das Maximum eingetreten seyn sollte, eben so viel Quecksilber ausfliefsen wird, als zugegossen worden ist, und es wird in der Mefsröhre auf den vorigen Stand zurückkommen.

So kann man durch diese Manipulation zu allen Seiten den augenblicklichen Barometerstand beobachten, aber ungefähr zwanzig Mal kleinere Theile ablesen, wie beim gewöhnlichen Barometer. Auch kann man dann, begreiflicherweise, die Correction wegen Thermometerstand anbringen.

Um das Verhältnifs des Durchmessers der Mefsröhre und des Gefäfses *f* genauer als durch diese blofse Messung zu ermitteln, ruht das letztere, was in der Zeichnung nicht angegeben ist, auf einem eingetheilten hohlen messingenen Cylinder, welcher sich in einem zweiten Cylinder, welcher als Spannring dient, und auf welchem ein Nonius sich befindet, mittelst einer Mikrometerschraube auf- und abschieben läfst. Diese Vorrichtung dient als eigentliches Calibrir-Instrument; denn wird das Gefäfs *f* von Linie zu Linie hinaufgeschraubt, so fliefst die einer jeden Linie entsprechende Menge Quecksilber aus *b* in die andere Röhre und aus *d* in die Mefsröhre, wo der jedesmalige Stand des Quecksilbers markirt wird, und die so erhaltenen Theile geometrisch in eine beliebige Zahl kleinerer Theile getheilt werden. Die Theilung auf der Mefsröhre meines Barometers gestattet, bis zu 0,0089 einer Par. Linie genau zu messen. Man sieht ein, dafs auf diese Weise eine Ungleichheit im Caliber der Mefsröhre keinen merklichen Einflufs auf die Genauigkeit der Eintheilung haben könne. Es versteht sich übrigens von selbst, dafs dieses Calibriren zu einer Zeit vorgenommen werden müsse, wo sich das Barometer wenig oder gar nicht verändert, weil sonst die Menge des bei *d* ausfliefsenden Quecksilbers nicht ganz gleich ist der des bei *b* einfliefsenden.

Mittelst dieser Vorrichtung läfst sich auch sehr ge-

nau ermitteln, wie viel Tropfen Quecksilber bei *b* ausfliefsen, wenn das Barometer z. B. um 1 Linie steigt. Durch eine *sehr langsame* [1]) Elevation des Gefäfses *f* um 1 Linie habe ich gefunden, dafs 261 Tropfen abfliefsen, und wiederholt man diefs mehrere Male, so finden nur Unterschiede von 1 bis 2 Tropfen statt. Ein jeder Tropfen, den man daher bei *b* abfallen hört, entspricht einem Steigen des Barometers um ungefähr $\frac{1}{261}$ einer Par. Linie. So kann man namentlich bei Nacht, wenn das Barometer im Steigen begriffen ist, durch Zählen der Tropfen, so genau, als man nur immer wünschen kann, das Steigen des Barometers bestimmen.

Das Minimum-Barometer, Fig. 10 Taf. I, besteht aus einer Barometerröhre $\alpha\beta$, an welche oben ein $1\frac{1}{2}$ Zoll weites, ausgeschliffenes, cylindrisches Gefäfs $\gamma$ und unten zwei Schenkel $\alpha\,\delta$ und $\alpha\,\eta$, angeschmolzen sind. Beide Schenkel sind mit eisernen Hähnen versehen, um das Quecksilber während des Transports absperren zu können. Das Princip dieses Minimum-Barometers ist im Allgemeinen dasselbe, wie das des Maximum-Barometers; nur mit dem Unterschiede, dafs das Quecksilber bei $\eta$ ausfliefst, wenn das Barometer fällt, während es beim Maximum-Barometer beim Steigen ausfliefst. Das Quecksilber sammelt sich auch in einer Mefsröhre, und die Ausflufsröhre ist bei $\eta$ ebenfalls so construirt, dafs das Ausfliefsen nur tropfenweise erfolgt. Findet bei dem Minimum-Barometer dasselbe Verhältnifs zwischen den Durchmessern des Gefäfses $\gamma$ und der Mefsröhre statt, wie bei dem Maximum-Barometer, so ist klar, dafs jenes dieselbe Empfindlichkeit wie dieses besitzen werde.

1) Schraubt man nämlich schnell in die Höhe, so wird augenblicklich eine verhältnifsmäfsig grofse Menge Quecksilber bei *b* zum Ausfliefsen gebracht, und es bilden sich gröfsere Tropfen, als beim langsamen Erheben des Gefäfses. Daher kommen in diesem Falle eine kleinere Zahl von Tropfen bei gleicher Elevation zum Ausflusse, wie beim langsamen Schrauben.

Da das hier abtropfende Quecksilber durch einen luftvollen Raum fällt, so hört man es nicht in solchen Schlägen fallen, wie beim Maximum-Barometer. Um es jedoch für den Beobachter hörbar zu machen, fallen die Tropfen in das birnförmige Glasgefäfs ε, das an einem Faden hängt und dessen Spitze in den Trichter der Mefsröhre sich mündet. Durch das Einfallen des Quecksilbertropfens kommt dieses leicht bewegliche Gefäfs in eine schwingende Bewegung, stöfst an den Trichter und bewirkt dadurch ein Klirren, das sich wesentlich von dem Schlage des Quecksilbers in der Torricellischen Leere des Maximum-Barometers unterscheidet. Selbst im schlaftrunkenen Zustande, während der Nacht, kann man sehr deutlich diesen Schlag von jenem Klirren unterscheiden, und mithin wissen, ob das Barometer steigt oder fällt.

Man sieht leicht ein, dafs auf das Minimum-Barometer der Wechsel der Temperatur keinen Einflufs haben kann; denn der Luftdruck trägt eine Quecksilbersäule von bestimmtem Gewicht, gleichviel ob sich diese Säule durch den Wechsel der Temperatur verlängert oder verkürzt. Man findet daher das Minimum des Barometerstandes ganz unabhängig von der Temperatur in dem Stande des Quecksilbers der Mefsröhre für einen gewissen Zeitraum. Hat man dieses Minimum notirt, so öffnet man den eisernen Hahn an der Mefsröhre, läfst eine Portion Quecksilber in das kugelförmige Glasgefäfs fliefsen, und giefst es durch den Trichter in die Röhre $\alpha\delta$ zurück. Sollte das Quecksilber noch nicht bei $\eta$ zum Ausfliefsen kommen, so wiederholt man dieses Ablassen so oft, bis es ausfliefst. Auch dieses Ausfliefsen erfolgt, wie beim Maximum-Barometer, so schnell man auch das Quecksilber zugiefsen mag, tropfenweise.

Beobachtet man, nachdem der letzte Tropfen ausgeflossen ist, den Stand des Quecksilbers in der Mefsröhre, so findet sich, wie beim Maximum-Barometer, der Barometerstand im Augenblicke der Beobachtung. Sollte

gerade in diesem Momente das Minimum eingetreten seyn, so wird eben so viel Quecksilber ausfliefsen, als zugegossen worden ist, und es wird in der Mefsröhre auf den vorigen Stand zurückkommen.

Sollen die beiden Barometer an irgend einem Orte aufgestellt werden, dessen mittlerer Barometerstand approximativ bekannt ist, so wird auf zwei Bretter, die hinter die beiden Mefsröhren so befestigt werden, die Zahl dieses mittleren Barometerstandes auf einem ungefähr in der Mitte der Mefsröhre befindlichen Theilstrich notirt. Auf der Zeichnung steht z. B. die Zahl 27 in der Mitte der beiden Mefsröhren. Mittelst des Minimum-Barometers bestimmt man den augenblicklichen Barometerstand, indem man, nachdem vorher durch den Trichter in die Röhre $\alpha\delta$ so viel Quecksilber gegossen worden, dafs ein Theil davon bei $\eta$ ausgelaufen ist, die Höhe $\delta\gamma$ genau mifst. War z. B. dieser Barometerstand 26,5, so giefst man in die beiden Mefsröhren so viel Quecksilber, bis es auf den Theilstrich 26,5 zu stehen kommt. Nun sind die beiden Barometer regulirt. Der Bequemlichkeit wegen kann man eine Skale neben das Minimum-Barometer befestigen, um nach Gefallen von Zeit zu Zeit diese Regulirung leicht vornehmen zu können. Es versteht sich, dafs diese Regulirung jedesmal statthaben mufs, wenn vielleicht durch irgend einen Zufall aus dem einen oder andern Barometer etwas Quecksilber verloren gegangen seyn sollte. Das Maximum-Barometer kann in diesem Falle auch dadurch regulirt werden, dafs das Gefäfs $f$ mittelst der Mikrometerschraube hinaufgeschraubt wird, bis so viel Quecksilber aus $d$ ausgelaufen ist, dafs es in der Mefsröhre auf dem, den augenblicklichen Barometerstand entsprechenden Theilstrich zu stehen kommt.

Nach den Erfahrungen, die ich seit acht Monaten durch tägliche Beobachtung der beiden Barometer gemacht habe, dürfte es für Meteorologen ein schätzenswerthes Instrument werden. Nicht deshalb, weil man damit die Baro-

meterstände viel genauer als mit den gewöhnlichen Barometern messen kann, sondern weil man zu jeder Zeit des Tages und der Nacht hört, welche Veränderungen in dem Luftdrucke von Statten gehen. In dieser Beziehung hat es gewifs Vorzüge vor dem gewöhnlichen Barometer; denn der eifrigste Meteorolog kann doch unmöglich ohne Unterbrechung die Oscillationen seines Barometers so beobachten, wie sie sich bei dem in Rede stehenden Barometer von selbst merkbar machen. Hört er für längere Zeit weder die Schläge des Maximum-Barometers, noch das Klirren des Minimum-Barometers, so weifs er, dafs keine Veränderungen im Luftdrucke von statten gehen. Hört er aber das eine oder das andere, so kündigt sich ihm eine Veränderung des Luftdrucks an, und folgen die Schläge oder das Klirren rasch auf einander, so wird er angetrieben, seine Aufmerksamkeit zu verdoppeln.

Man weifs, dafs langsame Veränderungen des Luftdrucks andere Witterungs-Veränderungen herbeiführen, als schnelle; ein stetes Steigen oder Fallen des Barometers andere, als ein Oscilliren des Quecksilbers. Alle diese Veränderungen im Luftdrucke kann man aber an unserem Barometer auf die leichteste Weise wahrnehmen. Es ist mit Wahrscheinlichkeit zu erwarten, dafs der aufmerksame Beobachter aus den Zeitintervallen zwischen den Schlägen des Maximum- und dem Klirren des Minimum-Barometers bald dahin kommen werde, auf bestimmte Witterungs-Veränderungen zu schliefsen.

Die Anfertigung dieser Barometer fordert, wie man leicht einsieht, einen geschickten Glasbläser; denn die luftdichte Verbindung der einzelnen Theile eines jeden Barometers ist mit Schwierigkeiten verbunden. Noch schwieriger ist das Auskochen. Wird mein Maximum-Barometer geneigt, so füllt sich die Torricellische Leere in *g* so vollkommen mit Quecksilber aus, dafs man auch nicht das kleinste Luftbläschen bemerken kann. Eben

so ist es beim Minimum-Barometer der Fall, wenn man es neigt und bei $\delta$ Quecksilber nachfüllt.

Man macht vielleicht die Bemerkung, dafs durch die beständige Circulation des Quecksilbers nach und nach Luft in die Torricellische Leere der beiden Barometer übergeführt, und mithin ein öfteres Auskochen derselben nöthig werde. Da indefs ein langer Zeitraum verfliefst, ehe die bedeutende Menge Quecksilber in dem Gefäfse $f$ durch die Oeffnung $b$ ausfliefst, und da die Röhre bis auf den Boden des Gefäfses reicht, so scheint sich während dieser Zeit alle Luft, welche das Quecksilber beim wiederholten Eingiefsen eingefangen hat, aus dem Quecksilber wieder zu entwickeln. Ich habe wenigstens nicht bemerkt, dafs, seitdem ich das Barometer besitze, die Torricellische Leere weniger vollkommen geworden sey. Was das Minimum-Barometer betrifft, so kann das bei $\delta$ eingegossene Quecksilber nie in die Barometerröhre und in die Torricellische Leere kommen, sofern nur der Schenkel $a\delta$ höher ist, als der Umfang der Barometer-Veränderungen. Ueberdiefs versicherte mir der Künstler, dafs selbst dann, als er feuchtes Quecksilber in das Gefäfs $f$ eingofs, sich doch keine Spur von Feuchtigkeit in der Torricellischen Leere zeigte. Wenn nun das Wasser nach und nach verdunstet, ohne in die Röhre überzutreten, so darf man wohl erwarten, dafs auch die beim Eingiefsen eingefangene Luft sich nach und nach wieder entwickeln werde, ehe dieses Quecksilber erst nach längerer Zeit in die Röhre tritt.

Um jede, nur kurze Zeit anhaltende Oscillation in dem Luftdrucke wahrzunehmen, ist freilich einige Aufmerksamkeit nöthig. So lange man, ohne längere Unterbrechung, das Maximum- oder Minimum-Barometer hört, weifs man, dafs der Luftdruck stetig zu- oder abnimmt. Hört man indefs eine Zeit lang z. B. das Maximum-Barometer, und hören dann plötzlich die Schläge auf, so ist der Luftdruck entweder constant geworden,

oder er nimmt ab. Nun mufs man, um zu entscheiden, welcher dieser beiden Fälle eingetreten ist, Quecksilber aus der Mefsröhre des Minimum-Barometers ablassen und bei $\delta$ eingiefsen. Nachdem das überschüssige Quecksilber wieder bei $\eta$ abgetropft ist, wird man bald hören, ob das Klirren sich fortsetzt oder wieder aufhört. Setzt es sich fort, so nimmt der Luftdruck ab; setzt es sich nicht fort, und hört man auch nicht das Maximum-Barometer, so ist der Luftdruck stationär geblieben. Um mit völliger Sicherheit entscheiden zu können, ob während jener Pause, in der man nichts gehört hat, wirklich keine Oscillation im Luftdrucke stattgefunden habe, läfst man auch aus der Mefsröhre des Maximum-Barometers etwas Quecksilber ab, und giefst es in das Gefäfs $f$ zurück. Findet sich nach dem Abtröpfeln des Quecksilbers wieder derselbe Stand in der Mefsröhre, so zeigt auch diefs, dafs während der Pause der Luftdruck stationär geblieben ist. Kommt hingegen das Quecksilber in der Mefsröhre nicht auf den vorigen Stand zurück, so hatte sich der Luftdruck während der Pause etwas vermindert.

Auf dieselbe Weise, wie man, nachdem eine Zeit lang das Maximum Barometer gehört worden ist, erkennt, ob die eintretende Pause eine Folge eines stationär gewordenen oder verminderten Luftdrucks ist, kann man auch umgekehrt wahrnehmen, ob, nachdem eine Zeit lang das Minimum-Barometer gehört worden ist, und hierauf eine Pause eintritt, dieselbe eine Folge eines stationär gewordenen oder vermehrten Luftdrucks ist. Tritt nämlich eine solche Pause ein, so läfst man aus der Mefsröhre des Maximum-Barometers etwas Quecksilber auslaufen und giefst es in das Gefäfs $f$ zurück. Ist das zugegossene Quecksilber wieder abgelaufen und setzen sich die Schläge fort, so ist es ein Zeichen, dafs der Luftdruck wieder zunimmt. Hören aber die Schläge auf, so ist der Luftdruck stationär geworden. Eben so wie vorhin kann man nun mit völliger Sicherheit entscheiden,

ob

ob während der Pause wirklich keine Oscillation in dem Luftdrucke stattgefunden habe. Läfst man nämlich aus der Mefsröhre des Minimum-Barometers etwas Quecksilber ab und giefst es wieder zurück, so findet sich, wenn nach dem Abtröpfeln desselben der vorige Stand in der Mefsröhre wieder eintritt, dafs der Luftdruck während der Pause stationär geblieben ist. Kommt hingegen das Quecksilber in der Mefsröhre nicht auf den vorigen Stand zurück, so hatte sich der Luftdruck während der Pause etwas vermehrt.

Alles was ich über Oscillationen im Luftdrucke von kurzer Dauer oder über einen kurzen stationären Stand bemerkt habe, läfst sich in folgende allgemeine Regel zusammenfassen: Will man die geringsten Oscillationen in dem Luftdrucke wahrnehmen, so lasse man von Zeit zu Zeit aus beiden Mefsröhren Quecksilber ab und giefse es in die respectiven Barometer zurück. Auf diese Weise bleiben beide Barometer stets bis zum Auslaufen angefüllt, und die geringste Veränderung im Luftdrucke wird sich in dem einen oder anderen Barometer zu erkennen geben. Dieses Ablassen kann man von Stunde zu Stunde, oder in noch kürzeren Zeiten wiederholen. In weniger als einer halben Minute kann dieses Ablassen und Zugiefsen bewerkstelligt werden.

Sind die Barometer stets so vorgerichtet, so ist man leicht im Stande, bei irgend einem aufserordentlichen Ereignisse wahrzunehmen, ob dasselbe einen Einflufs auf den Barometerstand habe oder nicht. Bekanntlich herrscht, selbst bei einigen Physikern, der Glaube, dafs Erdbeben einen Einflufs auf den Barometerstand haben; wenigstens finden wir bei Mittheilungen dieser Ereignisse meistens den Stand oder die Veränderungen des Barometers während der Erdstöfse angeführt. Obgleich nach den sorgfältigen Beobachtungen, welche Cacciatore in Palermo während 57 Erdbeben in Sicilien anstellte, weder in dem relativen Stande des Barometers, noch in der

der Zeitfolge des ausbrechenden und wieder aufhörenden Gewitters, an verschiedenen Orten, eintreten oder oder nicht. Ich will damit nicht sagen, dafs dazu nicht auch gewöhnliche gut harmonirende Barometer zu gebrauchen wären; nur das leuchtet ein, dafs bei solchen atmosphärischen Erscheinungen die Beobachter auch nicht einen Augenblick von ihren Barometern sich entfernen dürfen, um jede Oscillation wahrzunehmen. Bei unseren Barometern reicht es dagegen hin, blofs die Schläge der Secundenuhr mit denen der Barometer zu vergleichen und zu notiren, um den ganzen Gang des Barometers vor, während und nach dem Gewitter kennen zu lernen. Und es ist klar, dafs sich diese Schläge bestimmter markiren werden, als die Oscillationen im gewöhnlichen Barometer.

Mehrmals habe ich im verflossenen Sommer Gelegenheit gehabt, zur Zeit eines ausbrechenden Gewitters meine Barometer zu beobachten. Thürmte sich ein Gewitter auf, und zeigte das Minimum-Barometer ein ununterbrochenes Fallen, so gofs ich in ganz kurzen Zeitintervallen Quecksilber in das Gefäfs *f* des Maximum-Barometers, um das wieder eintretende Steigen augenblicklich wahrnehmen zu können. Stets nahm ich dann wahr, dafs im Augenblicke des ausbrechenden Regens das Maximum-Barometer zu schlagen anfing. Die Schläge folgten meistens sehr schnell auf einander, und um so schneller, je stärker der Regen war. Die Schnelligkeit der Schläge war immer der Heftigkeit des Regens proportional; denn sie nahm mit ihm zu und ab. Diese Erscheinung nahm ich indefs bei jedem Regen wahr; denn stets kehrte sich augenblicklich das vorhergegangene Fallen des Barometers in ein Steigen beim Ausbruche des Regens um. Mit der gröfsten Präcision nimmt man wahr, wie augenblicklich der herabfallende Regen erkältend auf die Luft wirkt und ihren Druck vermehrt.

Ich übergehe so manche andere Beobachtungen, die ich mit diesen Barometern gemacht habe, um diesen Aufsatz nicht über die Gebühr auszudehnen; denn Meteo-

rologen vom Fache werden von selbst ersehen, wie sehr dieses Instrument geschickt ist, Veränderungen in der Atmosphäre wahrzunehmen, welche sich an den gewöhnlichen Barometern nicht mehr oder doch nur unvollkommen zu erkennen geben. Nur das will ich noch bemerken, dafs der Künstler die Idee hatte, das Instrument noch weiter zu vervollkommenen, damit es zu allen Zeiten die geringsten Oscillationen im Luftdrucke anzeigen könne. Die Fig. 11 Taf. I erläutert diese Idee.

Wird nämlich das Minimum-Barometer *A* mit einem Maximum-Barometer *B* verbunden, so wird, wenn der Luftdruck im Zunehmen ist, das bei *b* ausfliefsende Quecksilber das Minimum-Barometer stets voll erhalten, und es wird daher, wenn der Luftdruck wieder abnimmt, diese Abnahme sich augenblicklich an dem bei *a* ausfliefsenden Quecksilber zu erkennen geben. Dasselbe wird der Fall seyn, wenn das Maximum-Barometer *C* mit einem Minimum-Barometer *D* verbunden wird; denn nimmt der Luftdruck ab, so hält das bei *d* ausfliefsende Quecksilber das Maximum-Barometer stets voll, so dafs die darauf folgende Zunahme des Luftdrucks sich augenblicklich durch den Ausflufs des Quecksilbers bei *e* zu erkennen geben wird. Steckt man dann in die respectiven Mefsröhren *m* und *n* die Schwimmer *o* und *p*, welche oben mit einer Bleifeder versehen sind, und bringt zwischen die beiden Mefsröhren den mit Papier überzogenen Cylinder *E*, der mit einem Uhrwerk in Verbindung ist, und dreht sich dieser Cylinder in 24 Stunden etwa einmal um seine Axe, so wird sich der relative Stand auf dem Papiere markiren, und man erhält eine graphische Darstellung der Barometer-Veränderungen in den verflossenen 24 Stunden. Doch ich unterlasse es, in das Specielle dieser weiteren Ausführung einzugehen, da sie bis jetzt blofs Project ist, und jeder Meteorologe, der eine solche Ausführung wünschen sollte, nach seinen Wünschen den Apparat einrichten könnte.

## V. *Beschreibung zweier Gefäſsbarometer, das eine mit constantem, das andere mit veränderlichem Niveau, nebst Tafel zur Berichtigung der Capillardepression.*

Im *Bulletin de la Société géologique de France, T. XII p.* 446, beschreibt Hr. Delcros zwei Barometer, welche er vom Mechanikus Ernst in Paris hat verfertigen lassen [1]). Da die Constuction dieser Instrumente einiges Eigenthümliche besitzt, so bringen wir hier das Wesentliche derselben zur Kenntniſs unserer Leser.

### Gefäſsbarometer mit constantem Niveau.

Dasselbe ist im Ganzen eine Abänderung des bekannten Barometers von Fortin, nach dessen Tode, wie Hr. Delcros glaubt, die Kunst der Verfertigung dieses Instruments verloren gegangen seyn soll. In dem oberen Theil ist es ihm sogar ganz gleich, nur in dem unteren, der das Gefäſs enthält, weicht es in einigen Stükken von ihm ab, daher auch nur dieser in Fig. 12 Taf. I abgebildet worden ist, zur Hälfte in Durchschnitt, zur Hälfte in Ansicht.

Das Gefäſs ist zusammengesetzt aus zwei Hauptstükken *neb* und *bb'a''q'*.

Der obere Theil desselben besteht aus einem Dekkel *bn'* mit einem darauf stehenden Cylinder; letzterer endigt oben in einem erweiterten Hals *n*, über welchen das Leder *g* gezogen wird, das sich in eine Verengerung *g'* der Barometerröhre *tt'* legt, und dadurch einerseits diese Röhre auslösbar befestigt, und andererseits zwischen *n* und *g'* hindurch dem äuſseren Luftdruck gestat-

1) Schon in dem Aufsatz von Bravais (Ann. Bd. LII S. 519) ward dieser Ernst'schen Barometer gedacht.

tet auf die Oberfläche *cc'* des Quecksilbers im Gefäfse zu wirken. Diefs Stück *nn'* ist von Buchsbaumholz. Dasselbe ist umschlossen von dem Messingcylinder *f''*, der oben einen Ansatz mit der Schraube *oo* trägt. Auf letztere schraubt sich die Mutter des unteren Endes der Messingröhre *e''e'''*, welche, wie beim Fortin'schen Instrument, die ganze Barometerröhre umschliefst, und mit Skale und Nonius versehen ist. Bei *f''* geht durch den Deckel *n'* der Elfenbeinstift *d* hindurch, der an der Messingplatte *ee'* unveränderlich befestigt ist, und immer denselben Abstand von dem letzten Theilstrich der Skale behält. Die untere Spitze dieses Stifts befindet sich mitten in der Breite des ringförmigen Meniskus *c''* der Quecksilberkuppe, und entspricht genau dem Nullpunkt der Barometerskale. Drei Stifte mit Schrauben *aα*, *aα'*, *a''α''* verbinden den oberen Theil des Gefäfses mit dem Cylinder, der den unteren Theil desselben bildet.

Dieser untere Theil besteht zunächst aus einem Glascylinder *bb'b''*, welcher das Durchsehen auf das Quecksilber gestattet. Unten bei *b'* ist derselbe in dem Cylinder fest gekittet, und oben bei *b* wird er mittelst der Schrauben *a*, *a'*, *a''* gegen einen unter dem Deckel liegenden Lederring geprefst. Diefs bewirkt einen sicheren Verschlufs, und erlaubt den Cylinder abzunehmen und zu reinigen.

Der untere Theil des Gefäfses, welcher das Quecksilber enthält, besteht aus zwei hohlen Cylindern von Buchsbaumholz *k* und *m*, welche durch die Schraube *r* verbunden und von einem Messingcylinder umschlossen sind, der sich in *ss'* von einander schrauben läfst. Die untere Hälfte enthält an ihrer Grundfläche eine Mutter mit der Schraube *qq'*, welche bestimmt ist, den Buchsbaumboden *hh'* zu heben oder zu senken. Auf letzterem ruht der Ledersack *hh'h''h'''*, der das Quecksilber enthält, bei *h'* an dem Buchsbaumboden und bei *h'''* an dem Buchsbaumcylinder festgebunden ist.

**Die Vorzüge dieses Barometers vor dem Fortin'schen bestehen wesentlich darin, dafs es sich, wenn die Quecksilberfläche oxydirt oder der Glascylinder blind geworden ist, mit Leichtigkeit auseinandernehmen und reinigen läfst, und dafs eben so, wenn die Röhre beschädigt worden, jeder Reisende ohne Umstände eine neue einsetzen kann, falls er solche im Vorrath mit sich führt. Dabei ist das Instrument etwa drei Pfund leichter. Es hat sich übrigens vollkommen bewährt, da es auf der französischen Nord-Expedition, in Lappland, Finnmarken und Spitzbergen vielfach gebraucht, und unbeschädigt wieder nach Paris zurück gebracht worden ist.**

Gefäfsbarometer mit veränderlichem Niveau.

**Man sieht die wesentlichen Theile desselben in Fig. 13 Taf. I abgebildet. Die Röhre hält bei *aa'* 7 bis 8 Millimeter im Lichten, unterhalb *bb'* ist sie enger, und ihre Oeffnung unten bei *a'* hat noch geringeren Durchmesser.** Bei *pp'* enthält sie, wie die Gay-Lussac'schen Heberbarometer (welche Instrumente, wegen ihrer grofsen Enge, von Hrn. Delcros mit Recht für eben so unzuverlässig erklärt werden, als sie wegen ihrer complicirten Gestalt zerbrechlich sind) einen trichterförmigen Einsatz (*poche*) um die eben eingedrungene Luft aufzufangen und am Aufsteigen in das Vacuum zu hindern. Das Gefäfs besteht aus einem Glascylinder *bb'b''b'''b''''*, der den dünneren Theil der Röhre umschliefst, und oben mit einer (eisernen) Mutter *qq'* versehen ist, mittelst welcher und der auf die Röhre gekitteten Schraube *vv'* die Verbindung beider hergestellt wird. Nach unten hat es eine Verengerung und oben ein Löchelchen, um der äufseren Luft den Eintritt zu gestatten.

Der Durchmesser des cylindrischen Gefäfses und der Röhre sind so berechnet, dafs die Capillardepression des ringförmigen Meniskus *mm'* im Gefäfs beinahe die in der Röhre aufhebt. Wo indefs eine grofse Genauigkeit verlangt wird, mufs man diese Depression besonders berich-

tigen. Dazu giebt Hr. Delcros die folgende Tafel, die von ihm neuerlich (1841) nach den Formeln von Schleiermacher berechnet worden ist [1]).

Tafel zur Berichtigung der Capillardepression in Barometern.

| Durchm. der Röhre. mm. | Höhe des Meniskus in Millimetern | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 |
| 1,0 | 1,268 | 2,460 | 3,516 | 4,396 | 5,085 | | | | |
| 1,2 | 0,876 | 1,715 | 2,484 | 3,162 | 3,728 | 4,190 | | | |
| 1,4 | 0,638 | 1,256 | 1,836 | 2,363 | 2,825 | 3,218 | 3,542 | | |
| 1,6 | 0,484 | 0,955 | 1,404 | 1,820 | 2,196 | 2,528 | 2,812 | 3,050 | |
| 1,8 | 0,378 | 0,747 | 1,103 | 1,437 | 1,746 | 2,024 | 2,270 | 2,483 | 2,662 |
| 2,0 | 0,302 | 0,598 | 0,885 | 1,158 | 1,413 | 1,648 | 1,859 | 2,046 | 2,209 |
| 2,2 | 0,245 | 0,487 | 0,723 | 0,948 | 1,161 | 1,360 | 1,541 | 1,705 | 1,851 |
| 2,4 | 0,203 | 0,403 | 0,599 | 0,787 | 0,966 | 1,135 | 1,292 | 1,436 | 1,565 |
| 2,6 | 0,170 | 0,337 | 0,502 | 0,661 | 0,813 | 0,958 | 1,093 | 1,218 | 1,332 |
| 2,8 | 0,143 | 0,285 | 0,425 | 0,560 | 0,691 | 0,815 | 0,932 | 1,041 | 1,142 |
| 3,0 | 0,122 | 0,243 | 0,362 | 0,478 | 0,591 | 0,698 | 0,800 | 0,896 | 0,985 |
| 3,2 | 0,105 | 0,209 | 0,312 | 0,412 | 0,509 | 0,602 | 0,691 | 0,776 | 0,855 |
| 3,4 | 0,091 | 0,181 | 0,269 | 0,356 | 0,441 | 0,523 | 0,601 | 0,675 | 0,745 |
| 3,6 | 0,079 | 0,157 | 0,234 | 0,310 | 0,384 | 0,455 | 0,524 | 0,590 | 0,652 |
| 3,8 | 0,069 | 0,137 | 0,205 | 0,271 | 0,336 | 0,399 | 0,459 | 0,517 | 0,572 |
| 4,0 | 0,060 | 0,120 | 0,180 | 0,238 | 0,295 | 0,350 | 0,404 | 0,455 | 0,504 |
| 4,2 | 0,053 | 0,106 | 0,158 | 0,210 | 0,260 | 0,309 | 0,356 | 0,402 | 0,446 |
| 4,4 | 0,047 | 0,094 | 0,140 | 0,185 | 0,230 | 0,273 | 0,315 | 0,356 | 0,395 |
| 4,6 | 0,042 | 0,083 | 0,124 | 0,164 | 0,204 | 0,242 | 0,280 | 0,316 | 0,351 |
| 4,8 | 0,037 | 0,074 | 0,110 | 0,146 | 0,181 | 0,215 | 0,249 | 0,281 | 0,312 |
| 5,0 | 0,033 | 0,065 | 0,098 | 0,130 | 0,161 | 0,192 | 0,221 | 0,250 | 0,278 |
| 5,2 | 0,029 | 0,058 | 0,087 | 0,116 | 0,144 | 0,171 | 0,198 | 0,224 | 0,248 |
| 5,4 | 0,026 | 0,052 | 0,078 | 0,103 | 0,128 | 0,153 | 0,177 | 0,200 | 0,222 |
| 5,6 | 0,023 | 0,047 | 0,070 | 0,092 | 0,115 | 0,137 | 0,158 | 0,179 | 0,199 |
| 5,8 | 0,021 | 0,042 | 0,062 | 0,083 | 0,103 | 0,122 | 0,142 | 0,160 | 0,178 |
| 6,0 | 0,019 | 0,037 | 0,056 | 0,074 | 0,092 | 0,110 | 0,127 | 0,144 | 0,160 |
| 6,2 | 0,017 | 0,034 | 0,050 | 0,067 | 0,083 | 0,099 | 0,114 | 0,129 | 0,144 |
| 6,4 | 0,015 | 0,030 | 0,045 | 0,060 | 0,074 | 0,089 | 0,103 | 0,116 | 0,130 |
| 6,6 | 0,014 | 0,027 | 0,041 | 0,054 | 0,067 | 0,080 | 0,093 | 0,105 | 0,117 |
| 6,8 | 0,012 | 0,024 | 0,037 | 0,049 | 0,061 | 0,072 | 0,084 | 0,095 | 0,105 |
| 7,0 | 0,011 | 0,022 | 0,033 | 0,044 | 0,055 | 0,065 | 0,075 | 0,085 | 0,095 |

1) Derselben geschah schon in dem Aufsatz von Bravais Erwähnung (S. Annal. Bd. LVII S. 529), dessen Tafel sich wesentlich nur da-

Fortsetzung der Tafel.

| Durchm. der Röhre. mm. | Höhe des Meniskus in Millimetern. | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,7. | 1,8 |
| 2,0 | 2,348 | | | | | | | | |
| 2,2 | 1,978 | 2,087 | | | | | | | |
| 2,4 | 1,680 | 1,780 | 1,866 | | | | | | |
| 2,6 | 1,436 | 1,528 | 1,608 | 1,676 | | | | | |
| 2,8 | 1,235 | 1,318 | 1,392 | 1,456 | 1,511 | | | | |
| 3,0 | 1,068 | 1,143 | 1,210 | 1,270 | 1,322 | 1,368 | | | |
| 3,2 | 0,928 | 0,995 | 1,057 | 1,112 | 1,161 | 1,203 | 1,238 | | |
| 3,4 | 0,810 | 0,871 | 0,926 | 0,976 | 1,021 | 1,061 | 1,095 | | |
| 3,6 | 0,710 | 0,764 | 0,814 | 0,860 | 0,901 | 0,938 | 0.970 | | |
| 3,8 | 0,624 | 0,673 | 0,718 | 0,760 | 0,797 | 0,831 | 0,861 | 0,887 | |
| 4,0 | 0,551 | 0,594 | 0,635 | 0,673 | 0,707 | 0,738 | 0,766 | 0,790 | |
| 4,2 | 0,487 | 0,526 | 0,563 | 0,597 | 0,628 | 0,657 | 0,682 | 0,705 | |
| 4,4 | 0,432 | 0,467 | 0,500 | 0,531 | 0,559 | 0,585 | 0,609 | 0,630 | |
| 4,6 | 0,384 | 0,416 | 0,445 | 0,437 | 0,499 | 0,522 | 0,544 | 0,563 | |
| 4,8 | 0,342 | 0,370 | 0,397 | 0,422 | 0,445 | 0,467 | 0,486 | 0,504 | |
| 5,0 | 0,305 | 0,330 | 0,354 | 0,377 | 0,398 | 0,418 | 0,436 | 0,452 | |
| 5,2 | 0,272 | 0,295 | 0,317 | 0,337 | 0,356 | 0,374 | 0,390 | 0,405 | 0,418 |
| 5,4 | 0,244 | 0,264 | 0,284 | 0,302 | 0,319 | 0,336 | 0,350 | 0,364 | 0,376 |
| 5,6 | 0,218 | 0,237 | 0,255 | 0,271 | 0,287 | 0,301 | 0,315 | 0,327 | 0,338 |
| 5,8 | 0,196 | 0,213 | 0,228 | 0,243 | 0,257 | 0,271 | 0,283 | 0,294 | 0,304 |
| 6,0 | 0,176 | 0,191 | 0,205 | 0,219 | 0,231 | 0,243 | 0,254 | 0,264 | 0,273 |
| 6,2 | 0,158 | 0,172 | 0,185 | 0,197 | 0,208 | 0,219 | 0,229 | 0,238 | 0,246 |
| 6,4 | 0,142 | 0,154 | 0,166 | 0,177 | 0,187 | 0,197 | 0,206 | 0,214 | 0,221 |
| 6,6 | 0,128 | 0,139 | 0,150 | 0,160 | 0,169 | 0,178 | 0,186 | 0,193 | 0,200 |
| 6,8 | 0,116 | 0,126 | 0,135 | 0,144 | 0,153 | 0,160 | 0,168 | 0,174 | 0,180 |
| 7,0 | 0,105 | 0,114 | 0,122 | 0,130 | 0,138 | 0,145 | 0,152 | 0,158 | 0,163 |

durch unterscheidet, daſs das eine der Argumente ein anderes ist als hier. Dort war es der Einfallswinkel der Quecksilberfläche gegen die Röhrenwand, hier ist es die Höhe des Meniskus der Quecksilberfläche. Bei der Correction im Gefäſs, welche von der Correction in der Röhre abzuziehen ist, muſs natürlich statt des Röhrendurchmessers die halbe Differenz zwischen den Durchmessern des Gefäſses und der Röhre genommen werden. *P.*

## VI. *Wirkungen einer großen constanten Batterie; von J. F. Daniell.*

(Entnommen aus dessen *Fifth Letter on Voltaic Combinations, Phil. Transact. f.* 1839, *pt. I p.* 89)[1]).

Die angewandte Batterie bestand aus siebenzig Zellen, jede zusammengesetzt aus einem Kupfercylinder, von $3\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser und 20 Zoll Höhe, welcher gesättigte Kupfervitriollösung enthielt, und einem Zinkcylinder, der sich in einem Gemisch von 8 Vol. Wasser und 1 Vol. Vitriolöl befand. Beide Flüssigkeiten waren durch poröse Thoncylinder getrennt, und, wie man aus einer früheren Angabe des Verf. schliefsen möchte, wurden sie, um sie im unveränderten Zustande zu erhalten, fortwährend erneut, dadurch, dafs man unten einen Theil derselben durch Hähne ablaufen, und oben durch Heber neue Portionen aus gröfseren Gefäfsen zufliefsen liefs.

Bei Verbindung mit einem (nicht näher beschriebenen) Voltameter, das verdünnte Schwefesäure enthielt, gab die Batterie 17 Kbzll. (278,6 Kubikcentimeter) Knallgas in der Minute [2]); enthielt es aber destillirtes Wasser, so stiegen nur wenig Gasblasen an den Elektroden in die Höhe.

1) Der Inhalt der früheren dieser an Hrn. Faraday gerichteten Briefe wurde auszugsweise mitgetheilt in Bd. XXXXII S. 263 und S. 277, Bd. LV S. 511 und Bd. LVI S. 150.

2) Eine Grove'sche Batterie aus sechs Zellen mit Platinplatten von $5\frac{3}{4}$ Zoll Länge und $3\frac{3}{4}$ Zoll Breite entwickelte hier bei gewöhnlicher Lufttemperatur 380 Kubikcentimeter (23,2 Kubikzoll engl) Knallgas in einer Minute. Und selbst diese Menge, die sich unter wahrhaft stürmischem Aufbrausen entwickelte, ist kaum ein Drittel von der, welche man erhalten würde, wenn man die Polarisation und den Widerstand zwischen den Platinplatten des Voltameters aufheben könnte. P.

Zwischen zugespitzten Holzkohlen gab die Batterie eine Flamme von bedeutendem Volum, und als die Spitzen etwa drei Viertelzoll von einander entfernt wurden, bildete sich ein zusammenhängender Lichtbogen. Diese Entladungsweite schien in einer luftleer gepumpten Flasche nicht gröfser zu seyn. Das Licht und die strahlende Wärme waren äufserst intensiv, und wirkten auf die Augen mehrer Personen, die den Verf. bei seinen Versuchen unterstützten, höchst nachtheilig. Bei ihm selbst, obwohl er durch graue Gläser von doppelter Dicke geschützt war, trat eine starke Augenentzündung ein, welche eine sehr durchgreifende ärztliche Behandlung, sogar Anlegung von Blutegeln, nöthig machte. Auch das ganze Gesicht war versengt und entzündet, wie wenn es stundenlang der brennendsten Sonnenhitze ausgesetzt gewesen wäre.

Reflectirt von dem unvollkommenen Hohlspiegel einer Laterne und dann durch eine Glaslinse gesammelt, brannten die Strahlen, mehre Fufs von ihrer Quelle, ein Loch in Papier. Nahe der Laterne war die Hitze für die Hand ganz unerträglich.

Papier, welches in eine Lösung von salpetersaurem Silberoxyd getaucht und darauf getrocknet worden, wurde schnell gebräunt, und als ein Drahtnetz vorgehalten wurde, erschien das Muster desselben in Weifs auf dem Papier, entsprechend den Theilen, die geschützt waren.

Das, wahrscheinlich zuerst von Hare beobachtete Phänomen der Fortwanderung von Holzkohle von einer Elektrode zur andern zeigte sich in vollem Maafse. Die Fortführung geschah von der Zinkode (der mit dem letzten Kupfer verbundenen Kohle) zur Platinode (oder der mit dem letzten Zinkstab verbundenen Kohle); auf der ersten bildete sich eine wohl begränzte Vertiefung, und auf der andern eine entsprechende Warze oder ein Vorsprung. Die letztere Kohle erlangte grofse Härte, und das warzenförmige Gefüge der Kohle, welche die Gas-

retorten auskleidet. Die Fortführung der Kohle fand auch noch statt, wenn ein Platinstab zur Platinode genommen ward; es bekleidete dann dieser mit Kohle, die sich niedlich um sein Ende anlegte. Als diese Vorrichtung umgekehrt, die Zinkode von Platin und die Platinode von Kohle genommen ward, wurden Platintheilchen übergeführt, und die Kohle mit deutlichen Kügelchen des geschmolzenen Metalls bekleidet.

Die Fortführung solcher verschiedenartiger Stoffe in einer bestimmten Richtung macht es wahrscheinlich, dafs sie der zerreifsenden Entladung angehört; sie ist ganz analog den von Fusinieri bei Entladungen von Leidner Flaschen beobachteten Fortführungen, so wie den analogen Erscheinungen beim Blitze.

Der Verf. bemühte sich einen Funken vor dem Contact zu erhalten. Er brachte demgemäfs die Enden der mit den Polen der Batterie verbundenen Platindrähte einander so nahe wie möglich, doch ohne allen Erfolg. Selbst wenn die Drähte in einer Löthrohrflamme erhitzt wurden, erfolgte keine Entladung.

Auf Anrathen von Sir John Herschel verband er zwei messingene Hohlkugeln mit den Enden der Batterie, brachte sie einander äufserst nahe, und liefs nun, während sie in dieser Lage waren, den Funken einer Leidner Flasche zwischen ihnen überschlagen, sogleich stellte sich ein Batteriestrom ein, der die Kugeln verbrannte. Ist es nicht wahrscheinlich, sagt der Verf., dafs hier die Leidner Entladung die leitende Substanz überführte, welche zur Existenz der Volta'schen Flamme wesentlich ist, und späterhin von der Batterie allein geliefert wird.

Der Flammenbogen zwischen den Elektroden ward, wie es Humphry Davy zuerst zeigte, von den Polen eines Magneten angezogen oder abgestofsen, je nachdem man ihn darüber oder darunter hielt. Die Abstofsung war zuweilen so grofs, dafs der Lichtbogen erlöschte.

Als die Flamme von dem Pol des in die Batterie selbst mit eingeschlossenen Magnets angezogen wurde, rotirte sie um diesen in sehr niedlicher Weise, wie es Hr. Sturgeon zuerst beobachtet hat. Als die Zinkode mit dem gezeichneten Pol (d. h. nach gewöhnlicher Sprache: Nordpol. *P.*), verbunden und die Platinode darüber gehalten wurde, ging die Rotation von West nach Ost oder umgekehrt wie der Zeiger einer Uhr. Als aber die Vorrichtung umgekehrt, die Zinkode mit dem ungezeichneten Pol verbunden ward, kehrte sich auch die Rotation um. Die Flamme wurde auch zum Rotiren gebracht mittelst der Induction des Erdmagnetismus auf einem in Richtung der Neigung gehaltenen Eisenstab (*poker of iron*).

Der Versuch wurde auch dahin abgeändert, dafs man den Strom durch eine um ein Hufeisen von weichem Eisen gewundene Spirale gehen, und die Flamme unter dem Einflufs ihrer eignen magnetischen Kraft rotiren liefs.

Die thermische Wirkung der Batterie war sehr grofs, und die höhere Intensität der Hitze auf Seite der Zinkode als auf Seite der Platinode äufserst merkwürdig. Hr. Gassiot theilte dem Verf. mit, dafs wenn man zwei dicke Kupferdrähte, von 0,2 Zoll Durchmesser, mit den Enden der Batterie verbinde und sie über Kreuz halte, so dafs die Flamme zwischen ihnen übergehe, der Draht an der Zinkode rothglühend werde, während der andere verhältnifsmäfsig kalt bleibe. Ein Platinstab, $\frac{1}{8}$ Zoll im Quadrat, schmolz leicht und tropfte in grofsen Kügelchen in der ersteren Lage, zeigte aber keine Zeichen von Schmelzung an der Platinode.

Wenn die harte Kohle aus Gasretorten zur Zinkode genommen und eine Grube in ihr gemacht ward, liefsen sich die schwerflüssigsten Metalle in derselben in bedeutender Menge schmelzen.

Reines *Rhodium* flofs sogleich zu einer vollkommenen Kugel und verbrannte mit Funkensprühen und blauem Licht. Die natürliche Legirung von *Iridium* und *Osmium*,

so wie reines *Iridium*, schmolz vollständig. *Titan* schmolz ebenfalls augenblicklich und verbrannte mit einem Funkensprühen, das sehr dem von Eisen glich. Natürliches *Platinerz* schmolz vollständig; allein nach dem Erkalten erwiefs sich die Masse sehr spröde.

Nach vierstündiger ununterbrochener Wirkung zeigte sich die Kraft der Batterie unverändert, und der Verbrauch an Zink sehr gering.

---

Zum Schlufs giebt noch der Verf. die Resultate einiger älterer Versuche (im J. 1837 angestellt) über die Entwicklung der Gase bei der Wasserzersetzung in verschlossenen Gefäfsen, also unter hohem Druck. Er bezweckte dadurch zu ermitteln: 1) wie sich die Leitung verhalten würde, wenn der Wasserzersetzungsapparat ganz mit dem Elektrolyt gefüllt wäre, also zur Ansammlung der Gase keinen Raum übrig liefse; 2) ob, nach erfolgter Zersetzung, eine Wiedervereinigung der Gase unter einem bestimmten Druck stattfinde; und 3) ob aus der hinzugetretenen mechanischen Kraft, die der Strom der Batterie zu überwinden haben würde, eine Reaction auf denselben entspränge.

Der zuerst angewandte Apparat bestand aus einer starken Glasröhre, in deren unteres Ende ein Platindraht als Elektrode eingelassen war. Diefs Ende wurde hermetisch verschlossen. Das obere Ende wurde abgeschliffen und durch eine Platinklappe verschlossen, auf welche ein Hebel drückte, der mit jedem erforderlichen Gewichte belastet werden konnte. Von dieser Klappe ragte ein Draht in die Röhre, der als zweite Elektrode diente. Die Röhre wurde mit Säure von der normalen Verdünnung gefüllt, und dann in die Kette gebracht, zugleich mit einem Voltameter, mittelst dessen die Menge des entwickelten Gases bestimmt werden konnte. Die angewandte Batterie bestand aus zehn grofsen Zellen mit der

gewöhnlichen Ladung. Ehe der Druck angewandt wurde, bestimmte man, die Röhre und das Voltameter an ihren Ort, immer erst die Stärke des Stroms (*rate of work*). Die allgemeinen Resultate vieler Versuche waren folgende:

Als der Druck auf eine Kreisfläche von $\frac{3}{4}$ Zoll Durchmesser bis zu 98 Pfund erhöht war, schien der Apparat auf lange Zeit ganz dicht zu seyn, und, wenn die Batterie geschlossen ward, entwickelten sich Gasblasen an beiden Elektroden. Die Flüssigkeit wurde trübe, und Gasblasen schienen die Röhre zu bekleiden. Der von dem oberen Draht aufsteigende Sauerstoffstrom wurde hinuntergedrückt, gleichsam mit bedeutender Kraft. Zuletzt sickerte die Flüssigkeit zwischen dem Rand der Röhre und der Klappe durch, wo dann der Versuch unterbrochen wurde.

Als der Druck auf die Klappe entfernt wurde, erfolgte ein Puff von Gas und die Flüssigkeit brauste eine beträchtliche Zeit träge auf, spritzte aber keineswegs mit Heftigkeit hervor. Die Compressionsröhre fühlte sich warm an, nicht aber sehr heifs; die entweichende Gasmenge schien nur ein kleiner Theil von der zu seyn, welche das in die Batterie eingeschlossene Voltameter anzeigte, und der Gang der Zersetzung ward durch die Anhäufung der Spannkraft durchaus nicht geändert.

Um den Versuch so weit zu treiben, als es die Festigkeit des Glases gestattete, liefs der Verf. eine Röhre von $\frac{1}{8}$ Zoll Wanddicke machen, die 1,3 Kbzoll fafste. In ihr unteres Ende wurden zwei Platindrähte eingeschmolzen, dann wurde ein Kubikzoll der Normalsäure eingegossen und die Röhre oben zugeschmolzen. Nach Einschaltung dieser Röhre und eines Voltameters in die Batterie wurde der Versuch begonnen und aus gehöriger Entfernung beaufsichtigt.

Die Gasentwicklung, welche in kurzen Zwischenzeiten gemessen ward, erfolgte mit Regelmäfsigkeit, und schien

schien durch die steigende Compression nicht im Mindesten gestört zu werden. Nach $4\frac{1}{2}$ Minuten, da sich 19 Kbzoll Gas im Voltameter angesammelt hatten, zersprang die Compressionsröhre mit einem lauten Knall, und dabei wurden die Scherben, welche sehr klein waren, überall im Laboratorium herumgeschleudert.

Wären die 19 Kbzoll in den Raum von 0,3 Kbzoll, der nicht von der Flüssigkeit eingenommen ward, eingezwängt worden, so würde eine Compression von 63 zu 1 oder ein Druck von nahe 940 Pfund auf den Quadratzoll stattgehabt haben. Nimmt man aber an, was wahrscheinlich ist, daſs unter diesem hohen Druck zwei Kubikzoll der Gase von der Flüssigkeit absorbirt wurden, so hätte die Compression das 56fache und der Druck 840 Pfund auf den Quadratzoll betragen.

---

*Zusatz.* Auch Hr. De la Rive hat neuerlich die thermischen Wirkungen eines kräftigen Volta'schen Stroms zum Gegenstande einiger Versuche gemacht. (Dessen *Archives de l'Electr. T. I p.* 262). Die dazu angewandte Batterie war eine Grove'sche von vierzig Elementen. Seine Resultate sind im Wesentlichen folgende.

Zwischen den mit Kohlenspitzen bewaffneten Polen konnte er nicht eher einen Lichtbogen erhalten, als bis sie in Berührung gesetzt und sich um den Berührungspunkt erhitzt hatten. Dann konnte er die Kohlen von einander entfernen und noch bei drei Centimeter (1,1 Zoll) Abstand einen Lichtbogen zwischen ihnen erhalten. Holzkohlen, stark geglüht und in Wasser gelöscht (*trempé*), gaben das beste Licht; nicht gelöschte Holzkohle konnte wegen schlechter Leitung nicht zu diesem Versuche angewandt werden. Coke wirkte zwar so gut wie gelöschte Holzkohle, lieferte aber nicht ein so weiſses Licht, sondern ein etwas bläulich-röthliches. Die Fortwanderung der Kohle vom positiven Pol zum nega-

tiven, wobei sich am ersteren eine Vertiefung und am letzteren durch die angehäufte Kohle ein Vorsprung bildete, war bei nicht sehr starkem Strom, schon mit bloſsem Auge sichtbar, besonders im Vacuum. Hr. De la Rive hält mit Recht den Lichtbogen der Kohle im Wesentlichen für ein bloſses Glühphänomen, da es sich auch im Vacuum zeigt (sogar in erhöhtem Maaſse. H. Davy konnte mit seiner groſsen Batterie von 2000 Plattenpaaren in der Luft nur einen Lichtbogen von *vier* Zoll Länge zwischen Kohlen erzeugen, im Vacuum dagegen einen von *sieben* Zoll); in der Luft tritt allerdings eine theilweise Verbrennung der Kohle hinzu.

Dieselbe Fortwanderung zeigt Platinschwamm, den man in Glasröhren eingestampft und mit dem positiven Pol verbunden hat, so wie Kupferpulver, erhalten durch Reduction des Oxyds mittelst Wasserstoff, und überhaupt, wie es scheint, jede Substanz von geringer Cohäsion. Wenig macht es, ob der negative Pol aus einer ähnlichen Substanz oder einem compacten Metall besteht. Bei umgekehrter Vorrichtung, bei Verbindung der Kohle oder sonstigen lockeren Substanz bloſs mit dem negativen Pol erhält man nur einen unbedeutenden Funken.

Auch die Einwirkungen des Magnets auf den Lichtbogen wurden von Hrn. De la Rive wiederholt und bestätigt. Endlich überzeugte er sich auch, daſs das zwischen Kohlenspitzen entstehende Licht wie das Sonnenlicht zum Daguerreotypiren angewandt werden kann, und ein unpolarisirtes Licht ist. [Auch ich überzeugte mich vor längerer Zeit, daſs das Licht eines in der Volta'schen Batterie glühenden Platindrahts keine Spur von Polarisation zeigt, obwohl sie an dem von einem schwarzen Spiegel reflectirten Bilde desselben, wie vorauszusehen, sehr deutlich wahrzunehmen war. *P.*]

## VII. *Ueber die sogenannte Polarisation, und über den Widerstand in cylindrisch geformten Ketten; von J. F. Daniell.*

[Freier Auszug des Wesentlichsten der vom Hrn. Verf. mitgetheilten und unter dem Titel: *Sixth Letter on voltaic combinations* in den *Phil. Transact. f.* 1842, *pt. II*, veröffentlichten Abhandlung.]

Das schöne und einfache Gesetz von Ohm über die elektromotorische Kraft und den Widerstand der Volta'schen Kette, hebt der Verf. an, setzt mich in den Stand, manche der aus meinen früheren Versuchen gezogenen Folgerungen zu berichtigen, und neue Versuche anzustellen, deren Resultate die Dunkelheiten und Zweifelhaftigkeiten meiner früheren Abhandlungen heben werden.

Näher zu seinem Gegenstande übergehend, fährt er dann fort: Prof. Ohm hat (ich glaube unglücklicherweise) die Contacttheorie angenommen; indeſs kann seine Formel leicht auf beide der rivalisirenden Theorien angewandt werden, und so ist es vielleicht nöthig, daſs ich, als Anhänger der chemischen Theorie, genau auseinandersetze, welche Meinung ich mit seinen Symbolen verknüpfe.

Die Formel ist bekanntlich:

$$\frac{E}{R+r}=A,$$

worin $E$ die (sogenannte) elektromotorische Kraft, $R$ den Widerstand in den Zellen, $r$ den äuſseren Widerstand und $A$ die Stromstärke (*effective force*) bezeichnet.

Nach der chemischen Theorie muſs nun $E$ das Resultat (*balance*) verschiedener Kräfte seyn, nämlich 1) der stärkeren Verwandtschaft $B$ der *erzeugenden* Platte für das Anion des Elektrolyten, 2) der schwächeren Verwandtschaft $b$ der *leitenden* Platte für dasselbe *Anion*, und 3) der Verwandtschaft $e$ des aus dem Elektrolyten

abgeschiedenen und an der leitenden Platte angehäuften *Kations* zu dem *Anion*. Die beiden letzteren erzeugen die Polarisation (wie man sie eben nicht sehr passend genannt hat) und suchen einen Strom in entgegengesetzter Richtung wie $B$ zu erzeugen. Es ist also:

$$E = B - (b + e) = B - b - e \;..\; ^{1})$$

Für eine aus $n$ Zellen zusammengesetzte Batterie wird die Formel:

$$\frac{nE}{nR + r} = A \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

So lange der äufsere Widerstand $r$ blofs von Metallen entspringt, stimmt die Formel genau mit der Erfahrung, und wenn man daher zugleich die Anzahl der Zellen und den wirksamen Theil der Flächen jeder Zelle verdoppelt, d. h. den Widerstand der Zellen halbirt, bekommt man genau die doppelte Stromstärke, da:

$$\frac{2nE}{2n\frac{R}{2} + r} = 2\left(\frac{nE}{nR + r}\right) = \frac{2nE}{nR + r}.$$

Wenn jedoch ein Voltameter oder ein anderer chemischer Widerstand in die Kette eingeschaltet wird, so hält die Ohm'sche Formel nicht mehr Stich, sobald man nicht die entgegengesetzte elektromotorische Kraft, welche aus der Zersetzung des Elektrolyten und der Anhäufung der Jonen an den Elektroden der Zersetzungszelle entspringt, und mit der früher mit $e$ bezeichneten von gleicher Art ist, in Rechnung zieht.

Aus einer Reihe gemeinschaftlich mit mir und meiner Batterie angestellter Versuche, fährt der Verf. fort, schliefst Prof. Wheatstone, dafs man die entgegenge-

1) So einfach und annehmlich eine solche Zerfällung der elektromotorischen Kraft auch erscheinen mag, so ist es doch gut in Erinnerung zu behalten, dafs sie bis jetzt durch keine Erfahrung bestätigt wird, schon deshalb nicht, weil wir kein anderweitiges Maafs für die chemischen Verwandtschaften haben. *P.*

setzte elektromotorische Kraft als constant betrachten und somit die Formel

$$\frac{nE-e}{nR+r}=A \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (1)$$

aufstellen könne. Um, in dieser Annahme, die entgegengesetzte elektromotorische Kraft zu bestimmen, ohne eines anderen Meſsapparats als des Voltameters zu bedürfen, vergleicht Prof. W. die Ströme zweier Batterien, bei welchen der Widerstand derselbe und bloſs die Summe ihrer elektromotorischen Kräfte verschieden ist. Es leuchtet ein, daſs, wenn keine Gegenkraft vorhanden wäre, die Stromstärke in beiden Fällen sich wie die Anzahl der angewandten Zellen verhalten würde. Eine Batterie von fünf einfachen Ketten z. B. müſste die halbe Stromstärke einer Batterie von zehn doppelten Zellen haben; allein eine Messung mit dem Voltameter ergab:

$$\frac{5E-e}{5R+r} : \frac{10E-e}{5 \cdot \frac{R}{2}+r} = 6 : 20 \text{ woraus } e=2{,}857\,E.$$

In ähnlicher Weise wurde der Widerstand $r$ bestimmt, nämlich durch den Vergleich der Stromstärken zweier Batterien, jede von zehn Zellen, die aber bei der einen doppelt so groſs waren als bei der andern. Das Voltameter ergab:

$$\frac{10E-e}{10R+e} : \frac{10E-e}{5R+e} :: 12{,}5 : 20, \text{ woraus } r=3{,}333\,R.$$

Hierauf wurden die Stromstärken einer Batterie von successive 3, 4, 5, 10, 15, 20 Zellen am Voltameter gemessen, und die erhaltenen Gasmengen mit denen verglichen, welche die Formel (1) ergiebt, wenn darin die obigen Werthe von $e$ und $r$ substituirt werden. Das Resultat war:

| Anzahl der Zellen | 3 | 4 | 5 | 10 | 15 | 20 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Beobacht. Gasmenge | $\frac{5}{8}$ | $3\frac{3}{5}$ | 6 | $12\frac{18}{25}$ | $15\frac{21}{25}$ | $17\frac{17}{25}$ | Kbzoll |
| Berechnet | $1\frac{1}{8}$ | $3\frac{7}{8}$ | 6 | $12\frac{1}{2}$ | $15\frac{3}{4}$ | $17\frac{1}{2}$ | - |

Die nahe Uebereinstimmung dieser Resultate mit der

Annahme, dafs $e$ constant sey, hat den Verf. veranlafst dieselbe fernerweitig zu prüfen, wobei er jedoch im Voraus bemerkt, dafs man bei der Unvollkommenheit seines Mefsverfahrens keine absolute Genauigkeit erwarten dürfe. Er bediente sich dazu einer constanten Batterie mit Kupfercylindern von 6 Zoll Höhe und $3\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser, die, wie gewöhnlich, in einer Mischung von Schwefelsäure und schwefelsaurem Kupferoxyd standen.

Zunächst maafs er, mit dem Voltameter, die Stromstärke zweier Batterien, die an innerem Widerstande gleich und nur an elektromotorischer Kraft verschieden waren. Es gaben nämlich:

fünf einfache Zellen $\frac{5E-e}{5R+r}=11{,}25$ Kbz. in 5 Minut.

zehn doppelte Zellen $\frac{10E-e}{10.\frac{1}{2}R+r}=33{,}7$ - - - -

Hieraus fliefst:

$$5E-e : 10E-e :: 11{,}25 : 33{,}7,$$

also:

$$e=2{,}49\,E.$$

Hierauf bestimmte derselbe in ähnlicher Weise, wie vorhin angegeben, den Widerstand $r$ des Voltameters (dessen Platten, 3 Zoll lang und 1 Zoll breit, in Schwefelsäure von 1,126 spec. Gew. einen Zoll von einander standen). Das Mittel aus mehren Versuchen ergab:

$$r=0{,}541\,R.$$

Diese Werthe von $e$ und $r$ wurden nun in der allgemeinen Formel:

$$\frac{nE-e}{nR+r}=A$$

substituirt, und dann, für verschiedene Werthe von $n$, der Zellenzahl, und $R$, dem Widerstand jeder Zelle, die Resultate der Rechnung mit denen der Erfahrung verglichen.

Um endlich für die Rechnung eine Einheit zu haben, schlofs der Verf. eine einzelne Zelle durch einen kurzen

und dicken Draht, wodurch also $e$ und $r = 0$ gemacht wurden, und bestimmte, wie viel der Zinkstab innerhalb 5 Minuten an Gewicht verlor. Der Verlust betrug 11,26 Gran, entsprechend 25 Kbzoll Knallgas. Es war also:

$$\frac{E}{R} = 1 = 25 \text{ Kbzoll.}$$

Der Vergleich der Rechnung und der Erfahrung führte nun zu folgenden Resultaten:

| Zellen. | | Kbzoll Knallgas in 5'. Rechnung. | Erfahrung. |
|---|---|---|---|
| 4 einfache | $= \frac{4-0,249}{4+0,541} = 0,3325$ | 8,31 | 7,5 |
| 4 doppelte | $= \frac{4-0,249}{4.\frac{1}{2}+0,541} = 0,5942$ | 14,85 | 13,7 |
| 4 dreifache | $= \frac{4-0,249}{4.\frac{1}{3}+0541} = 0,8071$ | 20,17 | 21 |
| 4 vierfache | $= \frac{4-0,249}{4.\frac{1}{4}+0,541} = 0,9799$ | 24,5 | 25,5 |
| 4 fünffache | $= \frac{4-0,249}{4.\frac{1}{5}+0,541} = 1,126$ | 28,15 | 30 |
| 5 einfache | $= \frac{5-0,249}{5+0,541} = 0,453$ | 11,33 | 11,25 |
| 5 doppelte | $= \frac{5-0,249}{5.\frac{1}{2}+0,541} = 0,8254$ | 20,63 | 20,5 |
| 5 dreifache | $= \frac{5-0,249}{5.\frac{1}{3}+0,541} = 1,137$ | 28,42 | 28,7 |
| 5 vierfache | $= \frac{5-0,249}{5.\frac{1}{4}+0,541} = 1,401$ | 35,04 | 35,2 |
| 10 einfache | $= \frac{10-0,249}{10+0,541} = 0,7124$ | 17,81 | 15,7 |
| 10 doppelte | $= \frac{10-0,249}{10.\frac{1}{2}+0,544} = 1,355$ | 33,88 | 33,7 |
| 15 einfache | $= \frac{15-0,249}{15+0,541} = 0,8117$ | 20,29 | 18,7 |
| 20 einfache | $= \frac{20-0,249}{20+0,541} = 0,8524$ | 21,31 | 22. |

Die Uebereinstimmung zwischen den berechneten und beobachteten Resultaten unter so complicirten Umständen mufs, glaube ich, sagt der Verf., für sehr befriedigend gehalten werden.

Er begnügte sich indefs hiebei nicht, sondern stellte noch mehre Versuchsreihen an, von denen eine hier noch aufgeführt seyn mag. Bei dieser wurden 20 Zellen von seiner Construction angewandt, zuerst sämmtlich in gleicher Richtung, und dann mit einigen in umgekehrter Richtung. Es fand sich hiebei, dafs der Strom, wenn die Batterie Zellen in umgekehrter Richtung enthielt, nach kurzer Zeit an Stärke abnahm, theils weil, wie der Verf. zeigt, das Kupfer, welches in den umgekehrten Zellen zur Zinkode wird, sich mit einer Oxydschicht bekleidet, mit einer um so dickeren, als es kleinere Flächen darbietet, theils weil durch den an das Zink angehäuften Wasserstoff die elektromotorische Kraft dieser Zellen etwas erhöht wird. Sonach bildet er für die Stromstärke die Formeln:

$$\frac{nE-n'E'-e}{(n+n')R+r+n'r'} \quad \text{oder} \quad \frac{nE-n'E'-e}{nR+n'R'+r}$$

in der ersten bezeichnet $r'$ den Anwuchs des Widerstandes in jeder umgekehrten Zelle, und in der zweiten $R'$ den gesammten Widerstand jeder dieser Zellen, ferner in beiden $n'$ die Anzahl derselben und $E'$ ihre elektromotorische Kraft.

Bei der folgenden Rechnung ist gesetzt (vermuthlich nach vorgängigen Messungen) $E=1$; $R=1$; $e=2{,}85$; $r=1{,}725$; $E'=1{,}1$; $r'=0{,}5$. Letztere Gröfse ist als constant angesehen, was, sagt der Verf., ziemlich richtig ist, sobald die Kupferflächen gegen die Zinkflächen so grofs genommen sind wie bei den folgenden Versuchen.

Die Resultate waren:

| Zellen. | | Kbzoll Knallgas. | |
|---|---|---|---|
| | | Rechnung. | Beobacht. |
| 20 gleichsinnig | $\frac{20-2{,}85}{20+1{,}725}=\frac{17{,}05}{21{,}725}$ | 18,18 | 17,5 |
| 1 umgekehrt | $\frac{19-2{,}85-1{,}1}{20+1{,}725-0{,}5}=\frac{15{,}05}{12{,}225}$ | 15,57 | 15,5 |
| 2 umgekehrt | $\frac{18-2{,}85-2{,}2}{20+1{,}725+1{,}0}=\frac{12{,}95}{22{,}275}$ | 13,1 | 12,75 |
| 3 umgekehrt | $\frac{17-2{,}85-3{,}3}{20+1{,}725+1{,}5}=\frac{10{,}85}{23{,}225}$ | 10,74 | 10,5 |
| 4 umgekehrt | $\frac{16-2{,}85-4{,}4}{20+1{,}725+2{,}0}=\frac{8{,}75}{23{,}275}$ | 8,48 | 8,5 |
| 5 umgekehrt | $\frac{15-2{,}85-5{,}5}{20+1{,}725+2{,}5}=\frac{6{,}65}{24{,}225}$ | 6,31 | 5,5 |
| 6 umgekehrt | $\frac{14-2{,}85-6{,}6}{20+1{,}725+3{,}0}=\frac{4{,}55}{24{,}725}$ | 4,23 | 3,5 |
| 7 umgekehrt | $\frac{13-2{,}85-7{,}7}{20+1{,}725+3{,}5}=\frac{2{,}45}{25{,}225}$ | 2,23 | 1,625 |
| 8 umgekehrt | $\frac{12-2{,}85-8{,}8}{20+1{,}725+4{,}0}=\frac{0{,}35}{25{,}725}$ | 0,31 | 1,16. |

Die Uebereinstimmung zwischen Rechnung und Beobachtung ist zwar, sagt der Verf., nicht so grofs als zuvor, besonders in dem unteren Theil der Tafel, kann aber doch bei einem Problem von so verwickelter Natur als eine erste Annäherung für befriedigend gehalten werden.

---

Ein anderer Theil der Abhandlung des Hrn. D. behandelt die interessante Frage über den Widerstand in cylindrisch geformten Zellen. Bei parallelepipedischen Leitern oder bei cylindrischen, die der Strom der Länge nach durchläuft, ist der Widerstand bekanntlich direct der Länge $l$ und umgekehrt dem Querschnitt $s$ proportional, so dafs, wenn man den Widerstand der Substanz

für die Einheit der Dimensionen mit $c$ bezeichnet, er in jedem andern Falle wird:

$$c \cdot \frac{l}{s}.$$

Wie gestaltet sich nun aber dieser Ausdruck, fragt Hr. D., wenn der Leiter nicht mehr parallelepipedisch ist, wenn die Platten, welche den Elektrolyt begränzen, von ungleicher Gröfse sind, namentlich in cylindrischen Zellen, wo z. B. ein Zinkstab von einem Kupfercylinder umgeben ist? Macht es einen Unterschied in der Stromstärke, wenn man die Metalle gegen einander vertauscht, den Stab z. B. von Kupfer und den Cylinder von Zink nimmt? In früheren Versuchen hatte er hiebei bedeutende Unterschiede erhalten.

Um hierüber in's Reine zu kommen, wählte er eine Grove'sche Combination. Er umgab zuerst einen Platindraht, in Salpetersäure stehend, mit einem Zinkcylinder, in Schwefelsäure gestellt, und darauf einen Zinkdraht, in Schwefelsäure, mit einem Platincylinder, in Salpetersäure. Drähte und Cylinder waren in beiden Fällen von gleichen Dimensionen, und die Flüssigkeiten durch einen porösen Thoncylinder getrennt. Die Stromstärke (*effect*) wurde mittelst eines Breguet'schen Thermogalvanometers gemessen. Nachstehendes waren die mittleren Resultate mehrer Versuche.

| Amalgamirtes Zink. | Platin. | Thermogalvanometer. |
|---|---|---|
| Cylinder, $2\frac{3}{4}''$ Durchm. | Draht | 274 |
| Draht | Cylinder, $2\frac{3}{4}''$ Durchm. | 255 [1]) |
| Draht | Cylinder, $1\frac{1}{3}''$ Durchm. | 279 |
| Cylinder, $1\frac{1}{3}''$ Durchm. | Draht | 273 |

Der Strom war also in beiden Fällen so gut wie gleich, und es macht mithin keinen Unterschied, ob das positive oder das negative Metall die gröfsere Oberfläche

1) Soll wohl heifsen 275? *P.*

darbietet, wenn nur die Gestalt und die Ausdehnung der Flüssigkeit constant ist.

Zur ferneren Prüfung dieses Satzes diente ein zweiter Versuch, bei dem das Platin ersetzt war durch Kupfer und die Salpetersäure durch Kupfervitriollösung, angesäuert mit Schwefelsäure. Auch wurden statt der Drähte runde Stäbe genommen, und die Stromstärke durch den Zinkverlust gemessen.

| Amalgamirtes Zink. | Kupfer. | Zinkverlust. in 30′. |
|---|---|---|
| Stab, ½″ Durchm. | Cylinder, 2¾″ Durchm. | 30 Gr. |
| Cylinder, 2¾″ Durhhm. | Stab, ½″ Durchm. | 30 |
| Stab, ½″ Durchm. | Cylinder, 5½″ Durchm. | 29,7 |
| Cylinder, 5½″ Durchm. | Stab, ½″ Durchm. | 30 |

Auch hier blieb also der Strom constant, und mithin war der obige Satz bestätigt [1]).

Nachdem der Verf. noch einige analoge Versuche gemacht, unter andern darüber, ob die Stromstärke sich verändere, wenn successiv 1, 2, 3 Zinkstäbe in eine Kette von seiner Construction gestellt werden (wobei er findet, 'afs wenn diese Stäbe nahe zusammen, in der Mitte, angebracht werden, zwei und drei nicht viel mehr wirken als einer, sie dagegen eine etwas gröfsere Stromstärke hervorbringen, wenn sie, in gleichem Abstande von einander, der Innenseite des Kupfercylinders nahe gestellt werden) — geht er zu der Frage über, wie der Widerstand eines cylindrischen Ringes von Flüssigkeiten beschaffen sey.

Seine Meinung ist kurz die, dafs (wenn die beiden,

1) Bei ähnlichen Versuchen, die der Verf. früher anstellte, sank die Stromstärke auf die Hälfte, wenn er Zink, in Schwefelsäure stehend, zum äufseren Metall und einen Platindraht, in Kupfervitriollösung gestellt, zum inneren Metall nahm. Der Grund hievon war, wie er sagt, weil sich dann am letzteren das Kupfer pulverförmig niederschlug und zugleich Wasserstoff entwickelte.

die Flüssigkeiten begränzenden cylindrischen Metallflächen concentrisch stehen. *P.*) der Widerstand der Flüssigkeit proportional sey dem Abstande der Cylinderflächen dividirt durch die Fläche des mittleren Querschnitts der Flüssigkeit. Unter diesem mittleren Querschnitt versteht er die Oberfläche eines Cylinders, dessen Durchmesser das arithmetische Mittel von den Durchmessern der beiden Metallcylinder ist.

Er sagt dann ferner: »Nun müfste die Stromstärke (*amount of current*) für jeglichen Durchmesser des äufseren Cylinders dieselbe seyn, denn der Widerstand, der durch Verlängerung (*increasing of depth*) des Elektrolyten, d. h. durch Vergröfserung des Radius des Cylinders, erzeugt wird, wird genau aufgehoben durch das vergröfserte Leitungsvermögen, in Folge des vergröfserten Areals des Durchschnitts des Elektrolyten und so umgekehrt. Die Resultate der Versuche bestätigen diesen Schlufs, denn aus der ersten Tafel erhellt, dafs, unter gleichen Umständen, Cylinder von $1\frac{1}{3}$ und $2\frac{3}{4}$ Zoll Durchmesser gleiche Stromstärke hervorbrachten, und aus der zweiten Tafel ersieht man, dafs dasselbe von Cylindern von $2\frac{3}{4}$ und $5\frac{1}{2}$ Zoll galt.«

Weiterhin bemerkt der Verf. indefs, dafs diefs Gesetz nicht allgemein gültig sey, sondern nur in dem Fall, wo der Durchmesser des inneren Metallcylinders klein ist.

[Und in der That ist diefs auch leicht zu sehen, denn wenn wirklich der Widerstand des cylindrischen Ringes der Flüssigkeit proportional ist:

$$\frac{R-r}{\frac{1}{2}(R+r)} \text{ d. h. } \frac{R-r}{R+r},$$

so kann er offenbar nur dann bei wachsendem Durchmesser $R$ des äufseren Metallcylinders constant seyn, wenn der $r$ des inneren gegen ihn verschwindet [1]). *P.*]

1) Dafs bei einer sogenannten constanten Kette die Stromstärke nicht geändert wird, wenn man die negative Metallfläche abwechselnd zur gröfseren und zur kleineren nimmt, sobald nur dabei die Gestalt

Endlich hat der Verf. die Stromstärke noch für den Fall mittelst eines Thermogalvanometers zu messen gesucht, wo innerhalb eines in Kupfervitriollösung stehenden Kupfercylinders von gegebener Gröfse, ein Zinkcylinder bis zu verschiedenen Tiefen in die Schwefelsäure des eingeschlossenen Thoncylinders eingetaucht ward. Er fand, wie natürlich, die Stromstärke mit vermehrter Eintauchung wachsen, gelangte aber zu keinem Gesetz.

## VIII. *Elektrochemischer oder Volta'scher Condensator, und neue Volta'sche Kette.*

Unter ersteren — nicht eben glücklich gewählten — Namen beschreibt Hr. De la Rive eine Vorrichtung, in welcher der Strom einer einfachen Kette durch den von ihr selbst erregten Inductionsstrom so verstärkt wird, dafs er im Stande ist, Wasser zwischen Platinplatten in beträchtlicher Menge zu zersetzen. Man sieht diese Vorrichtung in Fig. 1 Taf. II abgebildet.

*A* ist eine einfache Kette, entweder eine Daniell'sche, die für sich das Wasser zwischen Platten gar nicht zu zersetzen vermag, oder eine Grove'sche, die es unter gleichen Umständen nur in sehr unbedeutendem Maafse

und die Gröfse der Flüssigkeit ungeändert bleibt, — dafs daher Alles, was man früher von der Vortheilhaftigkeit einer Verdopplung oder Vergröfserung der negativen Metallfläche gesagt hat, nur für gewöhnliche, dem Einflufs der sogenannten Polarisation ausgesetzte Ketten gültig ist, — davon habe auch ich mich schon vor einigen Jahren hinreichend überzeugt.

Nicht so unterschreiben kann ich aber den Satz, welchen Hr. D. für den Widerstand eines cylindrischen Ringes aufstellt. Ich halte den Satz nur für eine Annäherung zu dem wahren Gesetz, das ich bereits in den Annalen, Bd. LV S. 47, anzudeuten wagte, bis jetzt aber verhindert ward experimentell darzuthun. *P.*

zersetzt. Die an ihre Platten gelötheten Drähte endigen in den Quecksilbernäpfchen *B* und *G*.

*C* ist ein Schälchen von amalgirtem Kupfer. *CD* ein Metallstab, versehen bei *D* mit einer Feder, die sein herabgebogenes Ende *C* mit dem Boden des Schälchens in Berührung hält; *DE* ein Leiter, welcher den Stab *CD* mit dem Draht *EFG* in Verbindung setzt.

Dieser Draht *EFG*, ein mit Seide besponnener Kupferdraht, ist um eine Hülse gewickelt. Er muſs dick seyn und darf keine zu groſse Länge haben. Hr. De la Rive nimmt statt *eines* Drahtes lieber drei neben einander, jeden von 1 Millimeter, die er 100 Umgänge um die Hülse machen läſst, und dann an ihren Enden in *E* und *G* vereinigt [1]).

*mn* ist ein Cylinder von weichem Eisen im Innern der Hülse; *p* ein Stückchen weiches Eisen, das an dem Stab *DC* befestigt ist und vom Ende *m* des Eisencylinders heraufgezogen wird, sobald dieser durch den Strom magnetisirt ist.

*H* und *I* sind die Enden zweier Leiter, die dazu dienen, das mit Platinplatten versehene Voltameter *V* in den Kreis der Kette zu bringen.

So wie man die Kette schlieſst, kreiſst der Strom in *BCDEG*; augenblicklich wird das Stückchen *p* heraufgezogen, weil *mn* magnetisirt ist. Allein dadurch wird auch sogleich die Schlieſsung bei *C* unterbrochen, weil der Stab *DC*, dessen herabgebogenes Ende auf den Boden des Schälchens *C* drückte, sich hebt. Diese Unterbrechung ruft in dem auf *F* gewickelten Draht einen Inductionsstrom hervor, welcher gleiche Richtung mit dem der Kette besitzt. Andererseits ist, so lange der Stab *DC* gehoben bleibt, ein neuer Schlieſsbogen gebildet, von der Kette *A* aus längs *BCH* zum Voltameter *V*, und von da längs *IEG* zur Kette zurück. Das Volta-

1) So daſs sie einen einzigen Draht von 3 Millimet. Durchmesser darstellen, sagt Hr. R.; dazu bedürfte es aber neun solcher Drähte. *P.*

meter wird also zugleich durchlaufen von dem Inductionsstrom und von dem Volta'schen Strom (verstärkt — wie Hr. De la Rive meint — durch den Durchgang des Inductionsstroms durch die Kette). So wie indefs die Schliefsung bei *C* unterbrochen wird, ist auch das Eisen nicht mehr magnetisirt oder wenigstens sehr schwach, weil das Voltameter sich in der Bahn des Stromes befindet; das Stückchen *p* wird nicht mehr heraufgezogen, der Stab *DC* dagegen von seiner Feder niedergedrückt und der Kreis wieder bei *C* geschlossen. Der Strom fängt also wieder an durch *BCDEG* zu kreisen und dieselbe Reihe von Erscheinungen wiederholt sich [1]).

Die Kraft der Feder *D* und der Abstand des Stückchens *p* von der Unterseite des Endes *m* des Eisencylinders müssen so abgeglichen werden, dafs die oscillatorische Bewegung des Stabes *DC* leicht und sehr rasch geschehe. Durch Probiren gelangt man sehr bald dahin, den Apparat in dieser Beziehung unter die günstigsten Bedingungen zu versetzen.

Mittelst einer solchen Vorrichtung erhielt Hr. De la Rive 10 bis 15 Kubikcentimeter Knallgas in einer Minute, doch nur mit Anwendung einer Daniell'schen oder Grove'schen Kette. Eine gewöhnliche Zink-Platin-Kette, mit Säure oder Salzwasser geladen, bewirkte keine Wasserzersetzung zwischen den Platinplatten des Voltameters. Eine Bleihyperoxyd-Kette, die für sich 9 Kubikcentimeter Gas in der Minute gab, lieferte in obiger Vorrichtung 18 Kubikcentimeter. Hr. De la Rive hält seinen Volta'schen Condensator, wegen der Einfachheit

1) Es ist eine ähnliche Mechanik wie sie früher Neeff zum raschen Oeffnen und Schliefsen einer Kette, behufs physiologischer Wirkungen, angewandt hat (Ann. Bd. XXXXVI S. 104). — Auch verdient wohl bemerkt zu werden, dafs der durch eine einfache Kette zu erregende Inductionsstrom schon für sich im Stande ist, Wasser zu zersetzen, wie unter andern der von Pohl construirte Apparat darthut (Ann. Bd. XXXIV S. 185 und 500). *P.*

und Wohlfeilheit, besonders für practische Anwendungen brauchbar.

---

Vorstehendes ist aus einem längeren Aufsatz genommen, den Hr. De la Rive unter dem Titel: *Ueber die chemische Wirkung einer einfachen Kette und die Mittel ihre Kraft zu verstärken*, in den *Archives de l'Eléctricité*, *T. III p.* 159, veröffentlicht hat.

Derselbe enthält unter andern auch noch die Beschreibung der eben erwähnten Bleihyperoxyd-Kette, welche der Verf. als sehr wirksam rühmt. Diese Kette besteht aus Zink und Platin, von welchem ersteres in verdünnter Schwefelsäure oder Salzwasser steht, letzteres sich aber in einem porösen Thoncylinder befindet, inmitten von Bleihyperoxyd (*peroxyde*, also doch wohl braunes Hyperoxyd, und nicht etwa Mennige), mit dem, wohl eingestampft, der Cylinder gefüllt worden ist [1].

Eine solche Kette ist, nach Hrn. De la Rive, wirksamer als eine Grove'sche, denn während letztere das Wasser in einem Voltameter mit Platinplatten kaum wahrnehmbar zersetzt, giebt erstere unter gleichen Umständen 10 Kubikcentimeter Knallgas in der Minute. Bei zwei Ketten, zur Säule vereint, würde aber doch, nach des Verf. Angabe, das Uebergewicht wieder auf Seite der Grove'schen Combination seyn, denn diese lieferte 27 C.C. Gas in 1', während die Bleioxyd-Combination nur 24 C.C. gab.

Noch sonderbarer klingt die Angabe, dafs eine Bleioxydkette, vereint mit einer Grove'schen, 32 C.C., und vereint mit einer Daniell'schen, 31 C.C. Knallgas in der

1) Mit anderen Metallen als Zink, namentlich mit Eisen, ist das Bleihyperoxyd früher schon von Schönbein combinirt worden. (S. Ann. Bd. XXXXI S. 55, Bd. XXXXIII S. 89. — Vergl. auch Faraday, Ann. Bd. LIII S. 556.) *P.*

der Minute liefert, d. h. beträchtlich mehr als eine Combination von zwei Ketten jeder der drei Arten für sich.

Die Wirksamkeit der neuen Kette, die Hr. De la Rive als das Resultat zweier chemischen Actionen, der Oxydation des Zinks und der Reduction des Bleihyperoxyds, ansieht, findet nicht mehr statt. wenn statt des Bleihyperoxyds Mangan-Hyperoxyd, oder statt der Platinplatte eine Kupferplatte genommen wird; den Grund zu letzterem setzt der Verf. in eine locale elektro-chemische Action auf das Kupfer, das auch dabei rasch verändert wird.

Die Dauer der Wirksamkeit dieser Kette ist, nach des Verf. Angabe, beträchtlich, weshalb und wegen ihrer geringen Kostspieligkeit (da sollte man wieder glauben, er wendete *Mennige* an, denn braunes Hyperoxyd eigends dazu zu bereiten, wäre doch nicht eben wohlfeil) er sie besonders für technische Anwendungen geeignet hält, — aber constant ist sie doch nicht.

---

Ueberdiefs enthält die Abhandlung noch mancherlei Betrachtungen über die Unfähigkeit oder geringe Fähigkeit der bisherigen galvanischen Combinationen, als einfache Ketten angewandt, das Wasser zwischen Platinplatten zu zersetzen. Hr. De la Rive setzt den Grund dazu in den »Widerstand, der sich hauptsächlich in den drei Theilen der (mit Zwischenplatten von Platin versehenen) Kette äufsere, wo der Strom aus der Flüssigkeit in das Platin, oder aus dem Platin in die Flüssigkeit übergeht« — und ist auch der Meinung, dafs, damit eine einfache Kette, unter den genannten Umständen, Wasser zersetzen könne, immer zwei chemische Actionen erforderlich seyen [1]).

1) In diesen beiden, wie in so manchen anderen Punkten, kann ich mich nicht mit dem geehrten Hrn. Verf. einverstanden erklären. Was zunächst die Unfähigkeit oder geringe Fähigkeit der meisten einfachen

## IX. *Bunsen's verbesserte Kohlenbatterie und einige Versuche mit derselben.*

Die ursprüngliche und die nachherige Einrichtung der von Prof. Bunsen construirten Kohlenbatterie werden den Lesern aus den früheren Aufsätzen über diesen Gegenstand (Annal. Bd. LIV S. 417 und Bd. LV S. 265) bekannt seyn. Seitdem hat der Erfinder einige neue Documente über seine Batterie in den *Ann. de chimie et de phys. Ser. III T. VIII p.* 28, veröffentlicht, aus denen wir Nachstehendes zur Vervollständigung jener Aufsätze glauben hervorheben zu müssen.

Im Ganzen ist die zuletzt in diesen Annalen beschriebene Einrichtung beibehalten worden; allein die

Ketten zur Wasserzersetzung zwischen Platinplatten betrifft, so liegt diese offenbar nicht oder wenigstens nicht allein in einem Widerstand, denn sonst müfste man durch Vergröfserung der Platten, oder überhaupt durch Verringerung des Widerstandes in der eigentlichen Kette die Wasserzersetzung hervorrufen können. Bekanntlich ist diefs aber nicht der Fall. Wenn auch die Acten über den sogenannten Uebergangswiderstand noch nicht für geschlossen zu halten sind, so ist doch so viel gewifs, dafs nicht diesem allein, sondern wesentlich der sogenannten Polarisation die Hemmung der Wasserzersetzung zugeschrieben werden mufs, was auch ja von den meisten Physikern längst anerkannt ist. Eben so scheint mir der Satz von dem Erfordernifs zweier chemischen Actionen zur Wasserzersetzung wenig erwiesen; ich glaube vielmehr, dafs eine einzige chemische Action (um im Sinne der chemischen Theorie zu sprechen), oder vielmehr eine einzige elektromotorische Kraft, wenn sie nur hinlänglich stark ist, um die an den Platinplatten des Voltameters entstandene elektromotorische Gegenkraft gehörig zu überwältigen, vollkommen dasselbe bewirkt. Auch möchte ich fragen, wie der Verf in seiner Kette die Reduction des Hyperoxyds als eine zur Erzeugung des Stromes beitragende chemische Action betrachten könne; ich kann sie für nichts anderes halten, als für eine *Wirkung*, eine Folge, des Stroms. *P.*

Glasgefäſse der Zellen haben eine zweckmäſsigere Gestalt erhalten, in sofern sie das Entweichen der salpetrigsauren Dämpfe beschränken. Die Glasgefäſse *BBAA* (Taf. II Fig. 2) sind nämlich Cylinder, die sich nach oben halsförmig verengern. In diesen passen die hohlen Kohlencylinder *CCC'C'* so, daſs oben nur ein geringer Zwischenraum bleibt. Sie umschlieſsen die porösen Thoncylinder *DD*, in denen wiederum die Zinkcylinder *zzzz* stehen. Die Kohlen, obwohl von der härteren Art, sind doch im geringen Grade porös, und deshalb am herausragenden Ende mit Wachs getränkt, damit der Zinkring, dessen Ansatz *P'* mit einem ähnlichen Ansatz des nächsten Zinkcylinders durch eine Klemme verbunden wird, nicht von der Salpetersäure leide. Den Ansatz des Zinkcylinders sieht man für die abgebildete Zelle in *P''*. Die Gläser werden mit Salpetersäure von 1,305 spec. Gewicht gefüllt, und damit diese desto ungehinderter zum Thoncylinder, der Schwefelsäure von 1,170 spec. Gew. enthält, gelangen könne, sind die Kohlen ringsum mit einigen schräg eingebohrten Löchern versehen.

Mit einer Batterie von 48 solchen Zellen hat Hr. Prof. Bunsen verschiedene Versuche angestellt, unter anderen, um die Anwendung des zwischen ihren Polen sich bildenden Lichts zu Beleuchtungen zu prüfen. Der Lichtstrom zwischen Kohlenspitzen konnte, durch Auseinanderrückung derselben, bis sieben Millimeter verlängert werden. Seine Intensität nahm zu, so wie man die Spitzen einander näherte.

Zur Messung dieser Intensität wurde folgendes Verfahren benutzt. Es sey ein durchsichtiges Diaphragma, z. B. ein Stück dünnes Papier *aa* (Fig. II Taf. 3), in der Mitte durch ein zweites Papierstück *bb* verdoppelt. Dieses Diaphragma werde von der hinteren Seite *L* durch ein schwaches, aber constantes Licht $\alpha$ erhellt, von der vorderen *L'* aber durch das Licht $\alpha'$, dessen Intensität man messen will. Man sieht, daſs die Vorderseite des

Diaphragma durch die Coïncidenz der beiden Lichter verschiedenartig erhellt seyn wird. Die Helligkeit der Seiten *ab* besteht aus den von *L* ausgegangenen Strahlen $\alpha$ und dem, nicht durch das Diaphragma gegangenen Theil $\beta$ des Lichts *L'*. Folglich ist die Helligkeit beider Seiten $=\alpha+\beta$. Der Theil *bb* der Vorderseite des Diaphragma empfängt gleichfalls die Lichtmenge $\alpha$, weniger die von dem doppelten Papier zurückgehaltenen Strahlen $x$.

Die Seite *bb* empfängt von $\alpha'$ die Lichtmenge $\beta$, und überdiefs den Theil des von $\alpha'$ ausgegangenen Lichts, welches das erste Papier durchdringt und von der Oberfläche der zweiten zurückgeworfen ist. Wir bezeichnen ihn durch $\gamma$.

Die Helligkeit der Seite *bb* ist also im Ganzen $\alpha+\beta-x+\gamma$. Wenn $x=\gamma$, sind die Helligkeiten der Seiten *bb* und *ab* gleich, nämlich $\alpha+\beta$, und das Papier erscheint als eine weifse, gleichförmig beleuchtete Fläche.

Wenn $x>\gamma$, so empfängt die Seite *bb* weniger Licht als *ab*, und erscheint als ein dunkler Fleck mit weifsem Grunde.

Wenn endlich $\gamma>x$, hat man den umgekehrten Fall, und die Seite *bb* erscheint als ein weifser Fleck auf dunklem Grund.

Nähert man die Lichtquelle *L'* dem Diaphragma, so zeigt die Oberfläche successiv die angegebenen drei Phasen. Zur Vermeidung der subjectiven Farbentöne, welche den Uebergang des Schwarz in Weifs begleiten, bedient sich Hr. Bunsen zweier matter Glasplatten, die zwei auf einander gelegte Stücke Briefpapier einschliefsen, ein gröfseres und ein kleineres. Stellt man diese Platten an die Vorderseite eines im Innern schwach erleuchteten Kastens, so ist es leicht, durch Nähern und Entfernen dieses kleinen photometrischen Apparats, den Abstand zu finden, bei welchem die Oberfläche gleichförmig erleuchtet scheint, ohne einen weifsen oder einen

chwarzen Fleck zu zeigen. Das Quadrat dieses Abstandes giebt das gesuchte Verhältnifs der Lichtstärke.

Nach dieser Methode, welche auch die Vergleichung verschiedenfarbiger Lichter erlaubt, hat sich gefunden, dafs die Flamme einer Kohlenbatterie von 48 Zellen eben so intensiv ist, als Licht von 576 Stearinlichtern. Der so wirkende Strom hatte eine absolute Intensität =52,32.

Hr. Prof. B. hat überdiefs beobachtet, dafs sich, ohne Verstärkung des Stroms, der Lichteffect mehr als verdoppeln läfst, wenn man die Kohlenspitzen mehrmals mit einer concentrirten Lösung von schwefelsaurem Natron tränkt.

## X. *Silliman's Kohlenbatterie.*

Hr. Benjamin Silliman, seit einigen Jahren Mitherausgeber vom *American Journal of Science and Arts* seines Vaters, ist durch einen Brief von Berzelius an den Dr. Hare, worin der Batterien mit Kohlen als gleichzeitigen Stellvertretern des Platins und der porösen Thoncylinder (also von Bunsen'schen Batterien anfänglicher Einrichtung) erwähnt wird, veranlafst worden, ähnliche Batterien aus Graphit zu construiren, was freilich ohne sein Wissen schon Hr. J. F. Cooper zu London im J. 1839 gethan hat [1]). Wiewohl nun in der Anwendung dieser Substanz zu Grove'schen Säulen nichts Neues liegt, so möchte doch die Form, welche Hr. S. seiner Batterie giebt, und im obigen Journale, *Vol. XLIV* (1843) *p.* 180, beschreibt, noch kennenswerth seyn.

Hr. S. wandte anfänglich natürlichen Graphit an, erwarf denselben aber später wiederum, nicht weil er icht in hinlänglicher Menge zu erhalten sey, sondern

1) *Phil. Mag. Ser. III Vol. XVI p.* 35. (Auch Ann. Bd. XXXXIX S. 589.)

weil die selbst äufserlich gesund aussehenden Stücke immer Sprünge und Klüfte im Innern besitzen, und deshalb beim Zersägen von einander fallen. Er nahm daher seine Zuflucht zu sogenanntem künstlichen Graphit, der Tiegelmasse (der Mischung von Graphit und feuerfestem Thon), die er in Formen von geeigneter Gestalt fest einstampfen und brennen liefs Solide Cylinder aus dieser Masse bilden das negative Element seiner Batterie, deren Einrichtung aus dem in Taf. II Fig. 4 dargestellten Durchschnitt einer Zelle verständlich seyn wird.

*CC* ist ein Cylinder von Steingut, 4 Zoll im Durchmesser und 3 Zoll hoch; in diesem steht zunächst der hohle Zinkcylinder *ZZ*, dann das poröse Thongefäfs *TT*, und endlich der solide Graphitcylinder *P*. Wie gewöhnlich ist der Raum zwischen *C* und *T* mit Schwefelsäure, und der zwischen *T* und *P* mit Salpetersäure gefüllt. Die Zinkcylinder sind an zwei gegenüberliegenden Stellen mit Ansätzen oder Ohren *ee* versehen, und reichen mit diesen in die Oeffnungen eines Holzrahmens *F*, worin sie durch kleine Keile *w* fest geklemmt werden. Mit demselben Rahmen ist auch jeder solide Graphitcylinder mittelst einer Messingschraube *S* fest verbunden. Das eine Ohr eines jeden Zinkcylinders verlängert sich horizontal in einem breiten Streifen *a*, welcher auf die Messingschraube des Graphitcylinders in der nächsten Zelle drückt, und somit die Zellen unter einander in Verbindung setzt.

Zwölf Zellen in drei Reihen gestellt, stehen in einem Holzkasten, und unter ihnen liegt, getragen von den Zinkcylindern, der Holzrahmen *F*, der dazu die Gestalt eines Rechtecks mit einem Querriegel in der Mitte besitzt. Als einen Vorzug dieser Einrichtung gegen die Grove'sche hebt Hr. S. hervor, dafs sie gestattet, sämmtliche Kohlen- und Zinkcylinder aus den Flüssigkeiten heben zu können [1]).

1) Dasselbe läfst sich auch bei der Grove'schen Construction errei-

Hr. S. hat eine Batterie von acht solcher Kasten (also 96 Zellen) construirt, die sich auf verschiedene Weise combiniren lassen. Mit allen Kasten, hinter einander gereiht, gab diese Batterie neun Kubikzoll Knallgas in der Minute.

## XI. *Neuer Commutator; von Hrn. Dujardin.*

(*Annal. de chim. et de phys Ser. III T. IX p.* 110. Auszug.)

Auf einem rechteckigen Brett *AB* (Taf. I Fig. 16) sind fünf recht blanke Kupferplättchen befestigt: *CD*, *GH*, *EF*, *IK*, *LM*. Die beiden ersten, *CD* und *GH*, stehen durch einen angelötheten Kupferdraht *VX* mit einander in Verbindung. Die beiden letzten, *IK* und *LM*, enthalten die Löcher *K* und *M*, worin die Polardrähte der Säule eingesteckt, und mittelst Holz- oder Metallpflöcke festgeklemmt werden. Eben so sind die Galvanometerdrähte *YZ* in den Löchern *EG* der Plättchen *FE* und *HG* befestigt.

*NO* und *PQ* sind zwei Kupferstreifen, die in *O* und *Q* durch Stifte mit den Plättchen *IK* und *LM* drehbar verbunden sind. Ein Holzriegel *RS*, an welchem sie mittelst locker angezogener Schrauben befestigt sind, erhält sie in Parallelismus. Eine Feder *TU* von Eisen oder Messing drückt auf diesen Riegel, um die Kupferplatten in gehöriger Berührung zu halten.

Die Commutation geschieht dadurch, daſs man die Streifen *ON* und *PQ* mittelst des Holzriegels *RS* hin-

chen, wenn man die Zinkplatten nicht unter, sondern neben die Thonkasten hinweggehen läſst. Uebrigens ist es bei Batterien mit zwei Flüssigkeiten, wenn man sie möglichst schonen will, nicht genug, nach gemachtem Gebrauch, die starren Elemente herauszuheben, sondern man muſs auch die Thongefäſse mit der Salpetersäure aus der Schwefelsäure nehmen. *P.*

und herschiebt. Berühren diese Streifen die Plättchen *FE* und *HG*, so geht der Strom in einer Richtung durch die Galvanometerdrähte, berühren sie aber die Streifen *DC* und *FE*, so durchläuft er dieselben in entgegengesetzter Richtung. Damit die Verschiebung sanft geschehe, sind die Zwischenräume der drei Plättchen *DC*, *FE*, *HG* durch Holzplatten von gleicher Höhe ausgefüllt, und damit sie nicht zu weit getrieben werde, stehen zu beiden Seiten die Holzpflöcke *A'* und *B'*.

---

## XII. *Beschreibung eines sich selbst registrirenden Fluthmessers, nebst einigen mit diesem Apparate erhaltenen vorläufigen Resultaten; von E. Lenz.*

(Aus dem Bulletin der St. Petersburger Academie vom Hrn. Verfasser mitgetheilt.)

---

Als im Jahr 1839 der Capitain Etolin als Gouverneur der russischen nordamerikanischen Besitzungen sich nach dem Orte seiner Bestimmung einzuschiffen im Begriff stand, ward ich von Sr. Excellenz dem Hrn. Admiral von Lütke aufgefordert, es zu bewirken, daſs Hrn. Etolin ein sich selbst registrirender Apparat mitgegeben werden möchte, um den Gang der Fluth und Ebbe im Hafen von Neu-Archangelsk auf der Insel Sitcha zu verzeichnen; zugleich hatte Hr. von Lütke die Güte mir seine Idee über die Einrichtung eines solchen Fluthmessers mitzutheilen. Ich machte dem zufolge bei der Conferenz den Antrag, daſs mir die Erlaubniſs ertheilt werden möchte, einen solchen Apparat nach meiner Anweisung bei unserem Mechanikus, Hrn. Girgensohn, aus-

führen zu lassen, und denselben alsdann Hrn. Etolin mitzugeben. Als mir dieses gestattet worden war, nahm ich mit Hrn. Girgensohn Rücksprache über die vortheilhafteste Construction des Apparats, und in Folge dessen wurde derselbe ausgeführt, wie ihn die nachfolgende Beschreibung darstellt, wobei im Ganzen die Idee des Admiral v. Lütke beibehalten ward. Ich habe mit der Bekanntmachung dieser Beschreibung so lange gezögert, weil sich zuvor seine Brauchbarkeit an einer mit ihm angestellten Beobachtungsreihe geprüft wissen wollte. Im Herbst des Jahres 1841 erhielt Hr. v. Lütke die ersten Beobachtungen zugeschickt, welche mit dem Apparat während eines Monats angestellt worden waren, und er hatte die Güte mir selbige zu nachstehendem Gebrauche mitzutheilen. Durch diese ersten Beobachtungen wurde die practische Brauchbarkeit des Apparats vollkommen erwiesen, und ich will nicht länger zaudern, die Construction des Apparats zu beschreiben und in zwei Zeichnungen (Taf. II Fig. 5 und 6) zu erläutern, damit er, wenn es wünschenswerth erscheinen sollte, auch an andern Orten ausgeführt werden könne. Zugleich theile ich die krummen Linien mit, durch welche der Apparat im Laufe eines Monats den Gang der Ebbe und Fluth selbst angezeigt hat, nur im verkleinerten Maafsstabe, nicht um aus ihnen ein Resultat für die Fluththeorie zu ziehen, wozu der Zeitraum zu kurz ist, sondern nur als Beweis der Brauchbarkeit des Apparats [1]).

Der Fluthmesser ist auf Taf. II in achtfach verkleinertem Maafsstabe dargestellt, in Fig. 5 in einer Ansicht von vorn, in Fig. 6 von der Seite; auf beiden Tafeln entsprechen gleiche Buchstaben denselben Theilen des Apparats.

1) Ich bedaure diese graphischen Darstellungen nicht wieder geben zu können, da sie, selbst in dem verkleinerten Maafsstabe, welchen der Hr. Verfasser gewählt hat, für die Annalen noch zu viel Raum fortgenommen haben würden. P.

Um die horizontale Axe $DC$ dreht sich die Kreisscheibe $AB$, um welche ein Draht gewunden ist, an dessen unterem Ende der Schwimmer $P$, ein getheerter Holzklotz oder ein hohler kupferner Körper, befestigt ist. Dieser Schwimmer schwimmt in einer Art von Brunnen $OR$, welcher in's Meer herabgebaut ist, an einer solchen Stelle des Ufers, die auch bei der niedrigsten Ebbe nicht trocken gelegt wird; in der Tiefe communicirt der Brunnen mit dem Meere durch eine enge Röhre $TT'$, oder auch durch eine oder einige kleine Oeffnungen; es wird also das Wasser im Brunnen mit der Fluth des freien Meeres zugleich steigen und mit der Ebbe sinken, ohne doch, wegen der engen Communication, an der Wellenbewegung des Wassers Theil zu nehmen. Um die kleine Rolle $C$ ist ein anderer Draht geschlungen, welcher ein Gewicht $Q$ trägt, wodurch die Kreisscheibe $AB$ nach der entgegengesetzten Seite, als von $P$, gezogen wird, und welches so schwer ist, dafs es den Draht $BP$ immer gespannt hält.

Auf der Axe $DC$ sitzt bei $E$ ein Drilling, der mit seinen Zähnen in die Triebstangen $FG$ greift, und diese daher senkt oder hebt, je nachdem sich der Schwimmer $P$ senkt oder hebt; dabei bemerke ich, dafs das Gewicht dieser Stange so grofs ist, dafs dadurch jeder todte Gang im Getriebe vermieden wird. An dem oberen Ende der Triebstange ist mit einem Gelenke ein Theil $GH$ befestigt, dessen Construction in Fig. 6 deutlich zu ersehen ist. Er besteht am oberen Ende aus einem gabelförmigen Halter, in dessen Lagern bei $a$, $b$ sich ein hohler Messingcylinder $HH'$ ohne alles Schlottern um seine Axe drehen kann. An seiner hohlen Axe befindet sich ein Schieferstift $kl$, welcher durch drei Schrauben bei $H$ und $H'$ möglichst genau in die Axe des Messingcylinders gestellt und in dieser Stellung fixirt werden kann. Die Spitze des Stifts $k$ wird dann dadurch genau in die Axe

dieses Cylinders gebracht, dafs der ganze Theil *GH*, nach bei Seiteschieben der Feder *cd*, zurückgeschlagen, die Schnur eines Drehbogens um die Rolle *fg* geschlungen und der Stift in schnelle Drehung versetzt wird, während eine feine Feile schräg an den Stift gehalten wird. Begreiflich mufs bei dieser Art der Zuspitzung die Spitze genau mit der Axe des sich drehenden Theils zusammenfallen, und folglich sich bei jeder neuen Zuspitzung immer wieder in derselben Höhe über dem Ende *F* der Triebstange befinden. Hierauf wird der Theil *GH* wieder heraufgeklappt und die Feder *cd* davorgeschoben, so dafs sich die Spitze *k* dadurch mit einiger Kraft gegen die Schiefertafel *MN* (Taf. II Fig. 5) andrückt. Die Tafel selbst, in einem Messingrahmen gefafst, wird in einen besonderen Messingrahmen *KL* eingeschoben, welcher mittelst zweier Rollen auf einer kleinen Eisenbahn *XY* hin- und hergeschoben werden kann. Der Messingrahmen *KL* trägt an seinem hinteren Theile, der ganzen Länge nach, ein horizontales messingenes Lineal, welches bei *m* (Taf. II Fig. 6) im Durchschnitt zu sehen und unten, der ganzen Linie nach, gezahnt ist. An diese Zähne greift der Drilling *n*, der durch die Uhr *U* gedreht wird, so dafs er den Rahmen *KL* mit der Tafel in etwa 28 Stunden vor der Spitze des Stifts *K* gleichmäfsig vorüberschiebt.

Aus der obigen Beschreibung ist nun klar, dafs wenn der Schwimmer *P* durch die Ebbe und Fluth fällt und steigt, die Bleistiftspitze *K* um einen entsprechenden Theil sinken und steigen wird, wobei das Verhältnifs seiner Bewegung zu der des Schwimmers beliebig eingerichtet werden kann durch Bestimmung des Durchmessers des Drillings *E* gegen den Durchmesser der Scheibe *P*. In dem nach Neu-Archangelsk gesendeten Apparate, der für eine Fluthveränderung von 22 Fufs eingerichtet werden mufste, ist das Verhältnifs beider Durchmesser $=1:32$ genommen worden. Ist nun die Schiefertafel durch ho-

rizontale Paralellstriche an der Vorderfläche in zweiundzwanzig gleich breite horizontale Zonen getheilt, wovon jede $\frac{1}{32}$ Fufs breit ist, so wird der Stift um eine solche Theilung steigen, wenn die Fluth den Schwimmer *P* um einen Fufs hebt. Da nun zu gleicher Zeit die Tafel in horizontaler Richtung sich an dem Stifte vorbeischiebt, so wird der Stift im Laufe des Tages eine krumme Linie beschreiben, dessen horizontale Abscissen der Zeit, die verticalen Ordinaten aber der Fluthhöhe entsprechen, und wenn daher die Tafel auch durch verticale Parallelstriche so getheilt ist, dafs jeder Theil einer Stunde entspricht, so werden sich sogleich beim bloſsen Anblick der Tafel die Fluthhöhen für jede Stunde angeben lassen.

Der Apparat hat zwei solche Tafeln, so dafs wenn die eine herausgenommen wird, um die angegebenen Fluthen zu copiren (was auf genau so, wie die Tafel, schon fertig liniirten Papier geschieht), unterdessen die Fluth sich auf der andern Tafel verzeichnet.

---

## XIII. *Neues Bathometer; von Hrn. G. Aimé.*

(Freier Auszug aus den *Annal. de chim. et de phys. Ser. III T. VII p.* 497.)

Dieses Instrument, welches zu denen gehört, welche Meerestiefen durch die Länge eines mittelst des Senkbleis hinabgelassenen Seiles mifst, ist so eingerichtet, dafs man das Senkblei in jeder beliebigen Tiefe ablösen kann. (Ohne Zweifel um das Seil rascher heraufziehen zu können. *P.*) Man sieht es in Fig. 17 und 18 Taf. I abgebildet.

Es besteht aus einem kleinen Hohlcylinder von Ku-

pfer, in welchen ein Kupferstäbchen mit sanfter Reibung hineingeht. Der äufsere Theil dieses Stäbchens endigt in einer kleinen Scheibe; der innere ist unten hakenförmig gekrümmt. Dieser Haken steht, bei einer gewissen Stellung des Stäbchens, vor einer in der Seitenwand des Cylinders angebrachten Oeffnung, entfernt sich aber von derselben, so wie das Stäbchen hinuntergeschoben wird.

An den Enden des Cylinders sitzen zwei kleine Ringe; einer oben, um das Seil aufzunehmen, welches durch den Mittelpunkt der genannten Scheibe geht, der andere unten, zur Aufnahme eines Kupferstäbchens, welches in der Mitte ein Scharnier hat, und dadurch aufwärts gebogen und (ohne Zweifel mittelst eines Ringes an seinem Ende *P.*) auf den Haken gesteckt werden kann. In der Biegung hängt das Senkblei. Soll dieses abgelöst werden, so wird ein auf das Seil gesteckter Bleiring hinuntergelassen; dieser drückt auf die Scheibe, schiebt den Haken hinab und löst das Stäbchen aus, dieses schlägt um und das Senkblei fällt ab. Der Kostensparung wegen, kann man das Senkblei durch Steine ersetzen.

Bei den gewöhnlichen Peilungen belastet man das Seil nur mit der Hälfte des Gewichts, welches zum Zerreifsen desselben erforderlich ist. Hier kann man es zu zwei Drittel oder drei Viertel dieses Gewichts belasten, und spart dadurch an Zeit, weil es dann schneller hinabsinkt. Auch ist man dabei der Senkrechtheit des Seiles sicherer.

Da die Reibung des Seiles am Wasser seinem Durchmesser proportional ist, so ist es vortheilhaft seidene Seile anzuwenden, die an Dichte wenig vom Meerwasser abweichen und eine gröfsere Festigkeit besitzen als Hanfseile. Es ist auch gut Seile von verschiedener Festigkeit an einander zu knüpfen, die festesten nach oben.

Es ist auch vortheilhaft (zur Senkrechthaltung des Seils *P.*) zwei oder mehre solcher Auslösungs Apparate anzuwenden. Den ersten läfst man an einem dünnen

Seile hinab, und wenn es bis zu solcher Tiefe gelangt ist, dafs das Seil nicht mehr recht zieht, so bindet man es an den zweiten Apparat, dessen Seil wenigstens doppelt so grofsen Durchmesser hat, und läfst nun das Ganze langsam weiter hinunter, so dafs das erste Seil senkrecht bleibt. Will man die Operation beenden, so läfst man einen kleinen Bleiring hinab, der den ersten Haken auslöst; nach einigen Minuten sendet man einen zweiten Ring hinunter von solcher Oeffnung, dafs er über den ersten Apparat hinweggeht und vom zweiten das Gewicht abtrennt. (Das Seil dieses unteren Apparats reicht also neben dem ersten bis zum Beobachter hinauf. *P.*) Auf dieselbe Weise kann man, bei sehr grofsen Tiefen, einen dritten Apparat zu Hülfe nehmen, und um zu wissen, ob man den Grund erreicht hat, an den unteren ein mit Talg bestrichenes Blei binden.

Die Festigkeit der Seile mufs zuvor ermittelt seyn. Auch ist zu bemerken, dafs die Peilungen grofser Tiefen, selbst bei stillem Wetter, nicht vom Schiffe aus unternommen werden können, weil, wegen der Winde, die selten ganz fehlen, und, wegen der Strömungen an der Oberfläche des Meeres, das Seil immer abtreibt. Man mufs sich auf ein Boot mit Ruderern begeben, die immer darauf achten, dafs das Seil senkrecht sey.

### Meereswasser aus verschiedenen Tiefen.

In Ermanglung eines Biot'schen Apparates [1]) hat Hr. Aimé mit einem von seiner Erfindung [2]) und mit-

1) S. Ann. Bd. XXXVII S. 461. Dabei möchte auch wohl an den Lenz'schen Apparat (Ann. Bd. XX S. 73) zu erinnern seyn, den Hr. A. nicht zu kennen scheint.

2) Hr. A. beschreibt diesen also: *Il se compose d'un tube de fer terminé par un cône de même métal, dont le diamètre de base est trois ou quatre fois égal à celui du cylindre. Ce cône est retenu au cylindre par une charnière et par un ressort; en*

telst des obigen Bathometers (*appareil à échappement*) auf der Rhede von Algier Wasser aus verschiedenen Tiefen heraufgeholt, um den Luftgehalt desselben zu untersuchen.

Gemeiniglich nimmt man an, sagt er, dafs Wasser von Gasen unter jedem Druck ein gleiches Volum absorbirt, so dafs das absorbirte Gewicht des Gases dem Druck proportional ist.

Wenn indefs die vom Meerwasser absorbirte Luftmenge blofs vom Druck abhinge, müfste das aus einer Tiefe von 1000 Metern geschöpfte Wasser, da es sich unter einem Druck von 100 Atmosphären befand, 100 Mal mehr Gas enthalten, als das Wasser an der Oberfläche. Nun weifs man, dafs das Wasser, bei 15° C. und $0^m$,760 Druck, etwa $\frac{1}{35}$ seines Volums an Luft absorbirt. Mithin müfste das in 1000 Meter Tiefe geschöpfte Wasser, an die Oberfläche gebracht, beinahe das Dreifache seines Volums an Luft entweichen lassen.

Hiemit stimmen aber die Resultate genauer Versuche keineswegs. Die Gewichtsmenge der Luft, die ein gegebenes Gewicht Meerwasser enthält, ist in jeder Tiefe fast gleich.

Diese Anomalie glaubt Hr. A. auf folgende Weise erklären zu können.

*poussant légèrement ce dernier, on peut faire décrire un mouvement de rotation au cône, et l'extrémité du cylindre qui pénétrait dans le cône se trouve dégagée. On prend alors une éprouvette pleine de mercure, on l'introduit dans le tube de fer et on ramène le cône à sa première position.*

*On adapte ce système à l'appareil à échappement, on le descend à la mer, et, quand il est arrivé à la profondeur voulue, on abandonne l'anneau de plomb, qui vient par son choc faire basculer l'éprouvette.*

*Le mercure est projeté dans le cône, et se trouve remplacé par de l'eau de mer, qui ne peut plus s'échapper, à cause du bain de mercure dans lequel plonge la partie ouverte de l'éprouvette.*

Nimmt man an, dafs in dem an der Meeresfläche befindlichen Wasser Poren enthalten sind, so mufs man auch annehmen, dafs sie in dem am Grunde beinahe eben so grofs sind, denn das Wasser ist wenig zusammendrückbar.

Gleitet nun die gelöste Luft in den Zwischenräumen der Flüssigkeit hinunter, so mufs sie vom Boden bis zur Oberfläche beinahe gleichförmig ausgebreitet seyn, denn da der Druck der Wassertheilchen von diesen selbst getragen wird, so gleiten die Lufttheilchen in den Poren des Wassers hinab, wie in denen eines starren Körpers. Die Compression ist gleichförmig, denn sie hängt nur ab vom Druck der Atmosphäre und dem Gewicht der gelösten Luft, das zu vernachlässigen ist. Diese Hypothese hat Aehnlichkeit mit der von Dalton für Druck auf Gasgemenge, denn er nimmt an, dafs jedes Gas so wirke, wie für sich allein.

Uebrigens mufs das Wasser in der Tiefe, wegen der geringeren Temperatur, etwas mehr Luft lösen als an der Oberfläche.

Was nun die auf der Rhede zu Algier angestellten Versuche betrifft, so ergaben sie insgesammt zum Resultat, dafs das aus verschiedenen Tiefen heraufgeholte Wasser entweder gar keine oder eine äufserst geringe Menge Luft entweichen läfst. Es entliefs nämlich Wasser

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| aus | 65 | Meter Tiefe | ein Mal | 0,02 seines Volums |
| - | 65 | - - | ein ander Mal | 0,01 - - |
| - | 255 | - - | | 0,02 - - |
| - | 1249 | - - | | nichts |
| - | 1246 | - - | | ein Paar Bläschen |
| - | 1606 | - - | | nichts. |

Im mittelländischen Meer herrscht, in 3- bis 400 Meter Tiefe, die Temperatur 12°,6 C., und darunter ist sie unveränderlich. Wenn Unterschiede in dem Salzgehalt dieses Meeres vorhanden sind, so mufs man sie in der Schicht suchen, wo die Temperatur variirt. Hr. A. hat

hat Wasser aus 100 und aus 1606 Meter Tiefe auf seine Dichtigkeit geprüft, und dieselbe gleich gefunden mit der des Wassers von der Oberfläche [1]).

## XIV. *Ueber die Theorie der Gletscher; vom Rathsherrn Peter Merian in Basel* [2]).

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus dem Bericht über die Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft in Basel. No. V.)

Die genauere Untersuchung der Gletscher, die verschiedenen Erscheinungen, welche an ihnen sich wahrnehmen lassen, und die Erforschung der Ursachen, denen sie ihre Entstehung verdanken, hat in den letzten Jahren aufs Neue das lebhafte Interesse der Naturforscher in An-

1) Hr. A. hat auch den bekannten Versuch von Gay-Lussac (*Ann. de chim. et de phys. T. XI p.* 299) wiederholt, wodurch er zeigte, dafs eine 2 Meter hohe Säule einer Salzlösung nach 20monatlichem Stehen in einem Raum von unveränderlicher Temperatur unten keinen anderen Salzgehalt besitzt als oben. Hr. A. ist mit einer Zinkvitriollösung zu demselben Resultat gelangt; doch möchte wohl sein Versuch, da dabei keine besondere Vorkehrung zur Beständighaltung der Temperatur getroffen zu seyn scheint, nicht eben den älteren zur besonderen Bestätigung gereichen. *P.*

2) Der Verfasser suchte in einem ausführlichen Vortrage, welcher der Naturforschenden Gesellschaft zu Basel in den Sitzungen vom 12. Mai, 9. Juni und 7. Juli 1841 vorgelegt worden ist, die Gesammtheit der bis dahin bekannt gewordenen Thatsachen über die Gletscher auf möglichst vollständige Weise zusammenzustellen. Seit dieser Zeit sind verschiedene wichtige Beiträge über diesen Gegenstand erschienen, namentlich das Werk von Charpentier, und die Berichte über die seitherigen Arbeiten von Agassiz und Forbes. Bei dem Abdrucke des auf die Gletschertheorie bezüglichen Theils jenes Vortrages ist daher zweckmäfsig erachtet worden, das Wesentliche aus den Mittheilungen mit aufzunehmen, welche der Verfasser nach einem bei Agassiz auf dem Aargletscher gemachten Besuche der Gesellschaft in der Sitzung vom 19. October 1842 gegeben hat.

spruch genommen. Venetz und Joh. von Charpentier stellten bekanntlich die Behauptung auf, die grofsen Blöcke alpinischer Felsarten, welche wir in der sogenannten ebenen, zwischen den Alpen und dem Jura sich erstreckenden Schweiz, und auf dem südlichen Abhang des Juragebirges zerstreut finden, seyen einst durch Gletscher, welche von den Alpen bis zum Juragebirge herausreichten, an Ort und Stelle gebracht worden. Agassiz verfolgte die Idee noch weiter, und gelangte zu der Ansicht, der geologischen Epoche, in welcher wir gegenwärtig leben, sey unmittelbar vorher eine sogenannte Eiszeit vorausgegangen, während welcher nicht nur die Schweiz, sondern der gröfste Theil der gemäfsigten Zone unserer Erde in Schnee und Eis eingehüllt gewesen sey, und alles frühere organische Leben aufgehört habe. Diese Theorieen stellen folglich die Gletscher dar, als ein mächtiges geologisches Agens, in dem Zeitraume, welcher dem jetzigen Zustande der Dinge auf der Erde vorhergegangen ist. Die Urheber der Hypothesen haben sich nicht damit begnügt, eine Reihe von Erscheinungen von den Gletschern herzuleiten; sie haben auf eine lobenswerthe Weise die Gletscher selbst, wie sie jetzt noch in den Alpen sich darstellen, einer genauen Beobachtung unterworfen, und sind zum Theil zu einer Erklärungsweise der beobachteten Erscheinungen gelangt, die wesentlich abweicht von derjenigen, welche vor ihnen gründliche Naturforscher, und namentlich Saussure, aufgestellt haben.

Um sich Begriffe zu bilden über die Wirkungen, welche in früheren geologischen Epochen den Gletschern zugeschrieben werden können, ist es vor Allem nothwendig, über die Ursachen in's Klare zu kommen, welche gegenwärtig die Erscheinungen, die wir an den Gletschern beobachten, bedingen. Es mag daher der Mühe lohnen, die Hauptzüge der bestrittenen Saussure'schen Erklärungsweise einer genaueren Prüfung zu unterwerfen, und

sie zusammenzuhalten mit den Theorien, welche man statt ihrer aufzustellen versucht hat. Es soll das der Zweck der gegenwärtigen Abhandlung seyn, in welcher ich mich ausschliefslich auf die Betrachtung der jetzt existirenden, und zwar vorzugsweise der schweizerischen Gletscher beschränke, und die Erörterungen einstweilen unberührt lasse, mittelst welcher man eine vormalige weit gröfsere Ausdehnung der Gletscher nachzuweisen versucht hat.

### 1) Das ewige Eis der Höhen.

Die abnehmende Temperatur mit zunehmender Erhebung bewirkt, dafs auf Bergen, die eine gewisse Höhe übersteigen, der Schnee das ganze Jahr hindurch sich erhält, an allen Stellen wenigstens, wo eine nicht zu grofse Steilheit der Abhänge die Ablagerung von Schnee gestattet. Die Linie, welche den ewigen Schnee der Höhen von den tieferen Gegenden sondert, nennen wir die *Schneelinie*, die Berge, welche diese Höhe übersteigen, *Schneeberge*.

Die Lage der Schneelinie, in einer gegebenen Gegend, ist zunächst abhängig von der mittleren Jahreswärme, die in derselben Gegend in der Tiefe stattfindet, Je höher diese Jahrestemperatur ist, desto höher wird, unter übrigens gleichbleibenden Bedingungen, die Schneelinie auf den Bergen angetroffen werden. In einem warmen Jahre, oder nach einer Folge von warmen Jahren, wird in der Regel die Schneelinie sich höher hinaufziehen; sie wird umgekehrt in kalten Jahren sich heruntersenken.

Die mittlere Jahrestemperatur ist aber nicht das einzige Element, welches die Lage der Schneelinie bedingt. Auch die verschiedene Vertheilung der Wärme in den verschiedenen Jahreszeiten, und namentlich die Masse des im Winter sich ansammelnden Schnees, übt einen wesentlichen Einflufs aus. Fällt im Winter sehr viel Schnee, so wird er in dem darauf folgenden Sommer sich theilweise

an Stellen erhalten, wo er bei gleicher Sommerwärme in einem anderen Jahre verschwunden ist, dessen Winter keine so grofse Schneemasse gebracht hat. Aus diesem Grunde liegt die Schneelinie im Innern des Festlandes unter denselben Breitengraden merklich höher, als in der Nähe der Meeresküsten. Denn einerseits ist an der Meeresküste die Menge des im Jahre, und vorzüglich im Winter, herabfallenden atmosphärischen Wassers weit gröfser, als in einem Continentalklima; es häuft sich also auf den Höhen eine ungleich gröfsere Menge von Schnee an. Andererseits ist der Unterschied der Wärme der Jahreszeiten nicht so grofs; der kühlere Sommer des Küstenklimas wirkt also zur Verminderung der im Winter angesammelten Schneemasse nicht so kräftig ein, als der heifsere Sommer im Innern des Festlandes. So fanden z. B. Wahlenberg, Schouw und Smith die Gränze des ewigen Schnees auf der Ostseite des skandinavischen Gebirges um mehr als 100 Toisen höher, als auf der norwegischen Seite, ungeachtet die jährliche Mitteltemperatur in gleicher Meereshöhe und unter demselben Breitengrade auf der norwegischen Seite beträchtlicher ist. Die Schneelinie am Kaukasus steht, nach Kupfer und Parrot, um volle 300 Toisen höher, als an den unter gleichem Breitengrade liegenden Pyrenäen, wo sie in ungefähr 1400 Toisen über dem Meere angetroffen wird. Am Kaukasus zeigt sich aber in gleicher Meereshöhe eine merklich geringere mittlere Jahrestemperatur, als in den Pyrenäen.

Einen ferneren wesentlichen Einflufs auf die Höhe der Schneelinie hat die eigenthümliche Lage eines Orts. Unter denselben Umständen wird auf einem der Sonne zugekehrten Abhange der Schnee eher wegschmelzen, als in einem gleich hoch liegenden engen schattigen Thale; und zwar abgesehen davon, dafs Winde und Lawinen einen Theil des aus der Atmosphäre herabfallenden Schnees von höher gelegenen Orten in die tieferen herabführen,

und auf mittelbare Weise die Schneemasse daselbst vermehren. Auch die auf die Umgebungen sich erstreckende erkältende Einwirkung gröfserer vorhandener Schneeanhäufungen ist von Einflufs. Auf Bergen, die vereinzelt in die Region des ewigen Schnees sich erheben, wird aus dieser Ursache die Schneelinie höher liegen, als auf solchen, die mit einer ausgedehnten Kette von Schneegebirgen im Zusammenhange stehen.

Es folgt aus diesen Erörterungen, dafs die Lage der Schneelinie auch in ein und derselben Gegend ziemlichen Verschiedenheiten unterworfen ist, und das um so mehr, je veränderlicher in einem gegebenen Klima die Umstände sind, welche eine Einwirkung ausüben. Unter den beständigen Witterungsverhältnissen der heifsen Zone ist diese Linie schärfer bezeichnet, und ihre Lage daher auch leichter zu bestimmen, als unter unserem Himmelsstriche, wo deren Fixirung genauere Erwägung der einwirkenden Verhältnisse, und Vergleichung einer gröfseren Anzahl von Beobachtungen erfordert. Saussure (*Voy.* §. 942 und 943) nimmt die Höhe der Schneelinie in den Alpen auf zusammenhängenden Schneegebirgen zu 1300 Toisen, auf vereinzelten Bergspitzen zu 1400 Toisen über der Meeresfläche an. Als Mittelzahl können wir folglich 1350 Toisen oder 8100 Par. Fufs setzen, müssen aber niemals die Veränderungen aus dem Auge verlieren, denen diese Annahme nach den Localverhältnissen ausgesetzt ist.

Die mittlere jährliche Lufttemperatur unter der Schneelinie fällt blofs in den Aequatorialgegenden ziemlich nahe mit dem Eispunkte zusammen. In den Alpen steht sie beträchtlich niedriger. Nach Bischof's (Wärmelehre des Innern unseres Erdkörpers, S. 224) Ausmittlung, welcher in den Schweizeralpen die mittlere Lufttemperatur von 0° R. in 6165′ Meereshöhe setzt, und eine Abnahme von 1° R. für 677′ Erhebung annimmt, würde in 8100′ die mittlere Luftwärme ungefähr —3° R. betragen, was mit Pictet's Schätzung (Gilb. Ann. XXV S. 318) gut zu-

sammenstimmt. In höheren Breiten, und mehr im Innern des Festlandes, liegt sie noch beträchtlich tiefer, aus Gründen, die sich aus den vorhin gegebenen Erörterungen ableiten lassen, in die wir jedoch hier nicht eintreten wollen.

Das ewige Eis ist indefs nicht auf die Gebirgshöhen beschränkt, die oberhalb der Schneelinie liegen. In den Thalgründen, welche von den beständig beschneiten Regionen der Höhen herunterreichen, werden Eismassen gegen die Niederungen hervorgeschoben, und erhalten sich nur durch das immerwährende Nachrücken des Eises von oben herab, in Umgebungen, wo ewiger Schnee längst nicht mehr selbstständig zu bestehen vermag. Diese Eismassen, die folglich nicht gebildet sind aus dem Schnee, der aus der Atmosphäre an Ort und Stelle herunterfällt, sondern die unterhalten werden aus dem oberhalb der Schneelinie ursprünglich abgelagerten, und in die vorliegenden tieferen und wärmeren Thäler sich hervordrängenden Eise, sind die *eigentlichen Gletscher*.

Die Gletscher reichen bis zu den Stellen herab, wo das in der wärmeren Lufttemperatur der Tiefen zusammenschmelzende Eis durch das Nachschieben von oben ersetzt zu werden vermag, was für die einzelnen Gletscher, je nach den eigenthümlichen Verhältnissen eines jeglichen, in verschiedenen Höhen stattfindet. In der Alpenkette giebt es Gletscher, die bis zu 3000 Fufs Meereshöhe herabkommen. So liegt z. B. das Ende des *unteren Grindelwald-Gletschers*, nach Bischof's barometrischen Messungen, in einer Höhe von 2989 Fufs, in Umgebungen, deren mittlere Lufttemperatur ungefähr zu +5° R. angenommen werden kann (Wärmelehre, S. 113). Der auffallende Gegensatz zwischen dem starren ewigen Eis des Gletschers, und der üppigen Vegetation, die unter solchen atmosphärischen Verhältnissen unmittelbar daneben gedeiht, hat von jeher die Aufmerksamkeit der Alpenbesucher auf die Gletscher hingezogen. Der Endpunkt

eines Gletschers ist indefs eben so wenig ein fixer Punkt, als die Lage der Schneelinie. Tritt eine Reihe von kalten Sommern ein, wo die Gletscher weniger abschmelzen, oder rücken mächtigere Eismassen, als die gewöhnlichen, von oben nach, so rückt das Gletscherende vor; in warmen Sommern, oder wenn der Nachdrang von oben sich vermindert, zieht es sich zurück.

Die Gränzlinie, über welcher der auf dem Gletscher herabfallende atmosphärische Schnee das Jahr hindurch nicht mehr abschmilzt, oder, mit anderen Worten, die Schneelinie auf dem Gletscher, nennt Hugi (Alpenreise, S. 332) *Firnlinie.* Er behauptet, dieselbe sey viel schärfer und bestimmter abgegränzt, als das was man gewöhnlich Schneelinie zu nennen pflegt; und es erscheint diese Behauptung begründet, denn wenigstens ein auf die Lage der Schneelinie mächtig einwirkendes modificirendes Element, der erwärmende Einflufs des Erdbodens, namentlich wenn derselbe theilweise entblöfst von der Sonne beschienen wird, fällt hier weg, da die Unterlage immer Eis ist. In den Eisgebirgen des Berner Oberlandes und der nördlichen Kette des Wallis hat Hugi nach seinen Beobachtungen die Firnlinie beständig zwischen 7600 und 7700 Fufs Meereshöhe angetroffen. Sie liegt im Allgemeinen etwas tiefer als die Schneelinie am Abhange der Berge, eines Theils wegen der erwähnten eisigen Unterlage, andererseits weil die Gletscher die dem Einflufs der Sonne im Ganzen weniger ausgesetzten Thäler erfüllen. Bei Verschiedenheit der Lage und der klimatischen Beschaffenheit der einzelnen Jahrgänge ist jedoch auch diese Linie gröfseren Veränderungen unterworfen, als Hugi anzunehmen geneigt scheint.

Ich enthalte mich hier auseinanderzusetzen, wie der lockere, nur theilweise zusammengesinterte Schnee oberhalb der Firnlinie, der *Firn,* wie man ihn in den Alpen nennt, durch Einsickern des an der Oberfläche abschmelzenden Schneewassers und nachheriges Gefrieren zum

festen Gletschereise wird, und wie dasselbe durch Herunterrücken in die tieferen Regionen an Consistenz zunimmt, da im Wesentlichen Saussure mit den neueren Beobachtern den Hergang übereinstimmend beschreibt, und das kein streitiger Punkt der Theorie ist. Die Trennung von Gletscher und Firn ist übrigens keine scharfe, denn der letztere besteht in der Tiefe ebenfalls aus Gletschereis (Charpentier, §. 3), und nimmt bis zu einer, freilich noch nicht genau ausgemittelten Höhe an demselben abwärts gerichteten Fortbewegung der ganzen Masse Theil.

2) Geschichtliche Nachweisungen.

Die ersten Nachrichten von den Gletschern finden wir bei Josias Simler (*Vallesiae et Alpium descriptio* 1574) und Rudolf Rebmann (*Naturae Magnalia* 1605). Die Schilderung des letzteren wiederholt Mathäus Merian fast wörtlich in der Erläuterung zur Abbildung des unteren Grindelwald-Gletschers, die er in seiner helvetischen Topographie mittheilt (1642). Mehr von dem Standpunkt des Naturforschers aus faſst J. H. Hottinger (*Ephem. Nat. Curios.* 1706) die Erscheinungen auf. Er erwähnt bereits die deutliche Schichtung, die im Eise einiger Gletscher bemerkbar ist. J. J. Scheuchzer beschäftigt sich mit der Betrachtung der Gletscher in seiner vierten, im Jahr 1723 zuerst im Druck erschienenen Alpenreise. Er fügt den Wahrnehmungen seiner Vorgänger wenig Neues bei, sucht hingegen die Bewegung des Gletschereises und das angebliche Ausstoſsen fremder Körper durch das Wasser zu erklären, welches sich in den Spalten und anderen im Eise sich vorfindenden Zwischenräumen ansammelt, daselbst gefriert, und weil es nach dem Gefrieren einen gröſseren Raum einnimmt als vorher, nach allen Seiten einen Druck ausübt und den Gletscher thalabwärts drängt.

Joh. Georg Altmann, in seinem Versuch einer

historischen und physischen Beschreibung der helvetischen Eisberge vom Jahr 1751, theilt manche schätzbare Beobachtungen über den Grindelwald-Gletscher mit, den er selbst genau untersucht hat. In Beziehung auf die Theorie der Gletscher sucht er darzuthun, »dafs der ganze Gletscher wie ein Gewölbe, gleichsam auf Säulen ruhe, und nur an etwelchen Orten auf der Erde feststehe.« Das Fortrücken werde bewirkt durch das von oben hervorgestofsene Eis, »dadurch denn der an dem Berg liegende und gleichsam hangende Gletscher von oben her gedrucket wird, und auf diese Weise geschiehet es, dafs durch dieses grofse, von oben herkommende Gewicht der ganze Gletscher weiter gegen das Thal hinuntergeschoben wird.« (S. 44 und 45). Freilich ist er mit seinen theoretischen Ideen nicht immer glücklich, namentlich nicht mit der Annahme eines sogenannten helvetischen Eismeeres, welches die Thalgründe zwischen den höchsten Eisgebirgen erfüllen, in der Tiefe flüssig und nur an der Oberfläche mit Eis bedeckt seyn soll.

Ausführlich werden die Gletscher beschrieben in dem im Jahr 1760 gedruckten Werke: Die Eisgebirge des Schweizerlandes, von Gottlieb Siegmund Gruner. Die beiden ersten Bände dieses Buchs enthalten Beschreibungen und Abbildungen der vorzüglichsten Gletscher der Schweiz. Der dritte Band ist den physikalischen Betrachtungen über die Eisgebirge gewidmet, und beschäftigt sich namentlich auch mit der Beschreibung der Erscheinungen an den Gletschern und mit deren Erklärung. Saussure giebt dieser Arbeit das Zeugnifs: »*Dans ce traité l'auteur a épuisé son sujet, autant du moins qu'un sujet de physique est susceptible de l'être; et bien qu'un physicien ne fût peut-être pas de son avis en tout, il serait cependant difficile de donner en général de meilleures explications des différents phénomènes que présentent ces amas de glace.*« (*Voy.* §. 519). Bei Durchlesung des Werkes mufs man indefs gestehen, dafs Saus-

sure ein zu wohlwollendes Urtheil über die Arbeit seines unmittelbaren Vorgängers fällt, und dafs, abgesehen von mancherlei physikalischen Verstöfsen, die Saussure nur leise rügt, die Gruner'schen Erklärungen in Hinsicht der Schärfe und Bestimmtheit mit denjenigen von Saussure den Vergleich nicht aushalten. Gruner nimmt an, dafs die Gletscher bei dem fortwährenden Abschmelzen durch ihre eigene Schwere auf abhängigem Grunde thalabwärts vorrücken können; er stellt aber nicht mit derselben Bestimmtheit, wie Altmann, die Behauptung auf, dafs das ganze Hervordringen der Gletschermasse auf diese Weise geschehe. (S. 135 und 156.)

Am umfassendsten und gründlichsten ist die Theorie der Gletscherbildung von Horace Benedict de Saussure behandelt worden. Derselbe hat, wie er selbst berichtet, die Grundzüge seiner Theorie bereits im Jahr 1764 in einem academischen Vortrage entwickelt, als er das Gruner'sche Werk noch gar nicht kannte. Durch den Druck hat er sie jedoch erst im Jahr 1779 im ersten Bande der Quartausgabe der Alpenreisen bekannt gemacht.

Ganz mit den Saussure'schen Ansichten übereinstimmend und auf gründlichen eigenen Wahrnehmungen beruhend, ist der im ersten Bande des Höpfner'schen Magazins für die Naturkunde Helvetiens (1787) abgedruckte Aufsatz über den Mechanismus der Gletscher von Bernhard Friedr. Kuhn. (Dazu der Nachtrag, Bd. III S. 427.) Er giebt unter Anderem die richtige Erklärung der Guferlinien auf der Mitte der Gletscher. Derselbe Band enthält einen Brief von Prof. Studer dem Vater, in welchem die Gletschertische, die mit Erde bedeckten Eishügel, und die engen, tiefen, mit Wasser gefüllten Löcher des vorderen Aargletschers näher beschrieben werden.

Die Beiträge zur näheren Kenntnifs der schweizerischen Gletscher aus späteren Zeiten halte ich für überflüssig hier aufzuzählen.

### 3) Theorie der Bewegung der Gletscher durch die Ausdehnung des gefrierenden Wassers.

Wie wir gesehen haben, hat Scheuchzer den Wachsthum und die abwärts gerichtete Bewegung des Gletschereises durch die Ausdehnung zu erklären versucht, die das in den Spalten sich ansammelnde Wasser beim Gefrieren erleidet. Die Erfahrung hat gelehrt, dafs das Eis der Gletscher, wenigstens in den Sommermonaten, in continuirlicher fortschreitender Bewegung ist. Zu dieser Zeit sind aber die Gletscherspalten nur ausnahmsweise mit Wasser gefüllt. Gefriert dieses Wasser bei kalten Nächten, so geschieht das nur an der Oberfläche. Diese Erklärungsweise der Erscheinungen, die in neueren Zeiten wieder von Toussaint von Charpentier (Gilb. Annal. Bd. LXIII S. 388) und Biselx (Gilb. Annal. Bd. LXIII S. 192) versucht worden ist, ist daher allgemein als unzureichend anerkannt worden.

Hingegen ist sie, unter Beibehaltung der Grundidee, von Venetz, J. von Charpentier und Agassiz auf eine eigenthümliche Weise modificirt worden. Das an Sommertagen durch Abschmelzen des Eises der Oberfläche entstehende Wasser, oder auch dasjenige, welches als Regen auf den Gletscher herabfällt, zieht sich nach dieser Ansicht in alle feinen Haarspalten des Gletschereises hinein, und tränkt dasselbe wie einen Schwamm. »Nothwendigerweise besitzt dieses Wasser eine Temperatur, die nur sehr wenig den Eispunkt übersteigen kann, und wird im flüssigen Zustande nur durch die geringe Wärme erhalten, welche ihm das von der Oberfläche oder der umgebenden Luft nachströmende Wasser zugeführt wird. Das absorbirte Wasser mufs folglich gefrieren, sobald diese einzige Wärmequelle ihm entzogen wird. Das mufs aber jederzeit geschehen, sobald bei eintretender Erkaltung der Atmosphäre das Abschmelzen des Gletschers an der Oberfläche aufhört. Eine solche Erkaltung wird aber in der Regel in allen Sommernächten eintreten. Die Gletscher werden folglich während

der Sommertage mit Wasser getränkt, und dieses gefriert während der Nächte.« (Charpentier, *essai sur les glaciers*, 1841, §. 6). Beim Gefrieren dehnt das Wasser sich aus, und diese ausdehnende Gewalt treibt den Gletscher abwärts.

Da im festen Erdboden die täglichen Wärmeänderungen der angränzenden Atmosphäre nur bis auf eine sehr geringe Tiefe fühlbar sind, so ist wohl an sich klar, daſs die Erkältung der Nacht nur bis in eine sehr geringe Tiefe in das Eis des Gletschers herabreichen kann; daſs daher auch das in den Zwischenräumen des Gletschereises enthaltene Wasser flüssig bleiben muſs, wenn die Oberfläche des Gletschers überfriert. Zum Ueberfluſs führt Forbes (*Bibl. univ. de Genève*, *XXXXII*, *p.* 363) die Erfahrung an, daſs auf einem bei eingetretener kalter Witterung schon mehrere Tage lang überfrornen Gletscher, überall, in der Tiefe von weniger als einem Fuſs, nasses Eis anzutreffen war. Die unmittelbare Mittheilung der täglichen Wärmeänderungen der Atmosphäre bis in gröſsere Tiefen des Gletschers wird auch nicht angenommen, sondern der Vorgang wird dargestellt, wie wir es oben, möglichst mit den eigenen Worten von Charpentier, zu geben versucht haben. Offenbar ist aber eine solche Darstellung unzulässig. Das in die Haarspalten des Gletschereises eindringende Schmelzwasser kann nur gefrieren, wenn das Eis eine niedrigere Temperatur besitzt als 0°, sonst muſs es flüssig bleiben. Dann muſs es aber, wenn es in die feinen Zwischenräume des Eises eindringt, im Augenblick des Eindringens gefrieren. Es ist also gar kein Grund vorhanden, daſs das Gletschereis bloſs am Tage mit flüssigem Wasser sich tränken, und das eingedrungene Wasser bloſs in der Nacht gefrieren soll. Die einzige zulässige Art zu einem Wachsthum des Gletschers von innen heraus, und einer Ausdehnung durch das in seinem Innern gefrierende Wasser zu gelangen, ist folglich die, ein Käl-

temagazin in seinem Innern anzunehmen, welches bewirkt, dafs das täglich einsickernde Wasser sofort gefriert, wenn es in die unter 0° stehenden Theile des Gletschers gelangt. Es ist das auch die Vorstellungsweise, welcher gegenwärtig Agassiz zugethan scheint. Es scheint mir, dafs wenn solche angebliche kalte Massen im Innern des Gletschers wirklich existirten, das Einfiltriren des von oben hindurchsickernden Wassers nur an den äufseren Umgebungen der erkalteten Masse stattfinden könnte. Durch das erfolgende Gefrieren des eindringenden Wassers an allen Stellen, wo das Eis unter 0° zu stehen anfängt, würde der fernere Zutritt in die feineren Zwischenräume des erkalteten Eises verstopft. Erst wenn die Erkaltung dieser fest gefrornen äufseren Hülle des kälteren Gletschertheils durch allmälige Wärmemittheilung aus den Umgebungen abgenommen hätte, wäre ein ferneres Vordringen des einsickernden Wassers gegen das Innere des kalten Gletschertheiles möglich. Die Art und Weise, wie nach dem Winter, wo allerdings eine solche Erkaltung der äufseren Kruste des Gletschers stattgefunden hat, das Wasser an der Oberfläche der Gletscher in vielen Spalten und Vertiefungen längere Zeit angesammelt bleibt, bis es den Zutritt in das zerklüftete Innere des Gletschereises findet, scheint mir einen directen Beweis für diese Ansicht darzubieten. Das fortwährende Gefrieren des täglich eindringenden Wassers und die mit demselbon in Verbindung stehende Ausdehnung des Eises könnte folglich, unter solchen Voraussetzungen, blofs an der äufseren Hülle des unter 0° erkalteten Theiles der Gletschermasse stattfinden, und so unregelmäfsig auch die Gestaltung dieser Hülle seyn möchte, so wäre eine Ausdehnung, die blofs an derselben erfolgt, offenbar unzureichend, um die Thatsache des täglichen Vorrückens der ganzen mächtigen Eismasse des Gletschers zu erklären.

Doch wir wollen von diesem Einwurfe einstweilen

abstrahiren, und die Gründe untersuchen, die zur Annahme des angeblichen Kältemagazins im Innern des Gletschers berechtigen sollen. Es müſste dieses Kältemagazin ein sehr bedeutendes seyn, wenn es zur Erklärung der Erscheinungen zureichen sollte, weil es durch das beständig vor sich gehende Gefrieren des einsickernden Wassers, durch welches die beständig fortschreitende Bewegung des Gletschers erklärt zu werden versucht wird, eine fortwährende Verminderung erlitte. Nehmen wir eine Eismasse im Innern des Gletschers von — 1° R. Temperatur an, so wird bekanntlich jedes Pfund Wasser auf 0°, welches sie zum Gefrieren bringt, mehr als 60 Pfund dieser Eismasse durch die beim Gefrieren entwickelte latente Wärme bis zum Eispunkt zu erwärmen vermögen; denn die beim Gefrieren frei werdende Wärme könnte bekanntlich die Temperatur von 60 Pfund Wasser um einen Grad erhöhen, und die specifische Wärme des Eises ist geringer, als die des flüssigen Wassers. Noch am untersten Ende des Gletschers, während der langen Reihe von Jahren, die das Gletschereis braucht, um von der Firnregion bis dahin zu gelangen, müſsten aber noch Ueberreste dieses Kältemagazins vorhanden seyn, denn die fortschreitende Bewegung, welche durch dasselbe erklärt werden soll, zeigt sich auch da noch immer; und das trotz der beständigen Abnahme, welche dasselbe erlitten hat, ohne daſs ein zureichender Ersatz für diese beständig vor sich gehende Abnahme sich darbietet. Ein Ersatz wäre zunächst denkbar, durch die Kälte, welche während des Winters, vorzüglich in den kalten oberen Regionen, in das Gletschereis eindringt. Auch dieses Eindringen kann aber, zufolge der Erfahrungen, die wir über die Mittheilung der jährlichen Wärmeänderungen in das Innere der festen Erdrinde besitzen, sich nur bis in eine mäſsige Tiefe erstrecken, und muſs folglich durch das bei eintretender warmer Jahreszeit wieder stattfindende Einsickern des Schmelzwassers von

der Oberfläche bald beseitigt seyn. Durch directen Versuch fand Agassiz, dafs ein, während des Winters von 1841 auf 1842, 24 Fufs tief in das Eis des Aargletschers beim *hôtel des Neuchatelois*, also in ungefähr 7500 Fufs Meereshöhe, eingesenkter Thermometrograph keine tiefere Winterkälte als —0°,3 C. zeigte. (*Comptes rendus, XV, p.* 736). Dasselbe beweisen die verschiedenen Gletscherseen, die in, durch Gletscher abgesperrten Vertiefungen sich bilden, deren Ausgänge im Spätjahr durch die Einwirkung der eindringenden kalten Luft und durch das erfolgende Gefrieren gesperrt werden. Das Wasser, welches den Sommer hindurch unter dem Gletscher seinen Abflufs gefunden hat, häuft sich dann an und füllt endlich das Becken aus. Im Winter gefrieren diese Seen, jedoch nur an der Oberfläche, in der Tiefe bleibt das Wasser flüssig. Sie erhalten sich bis in den Sommer, wo dann durch den Einflufs des den Gletscher durchsickernden Wassers, oder durch die Bewegung, welche bei zunehmender Wärme im Gletscher merkbarer wird und Spalten erzeugt, die Ausgänge wieder eröffnet werden, und der ganze See, oft in wenigen Stunden, unter dem Gletscher hindurch abfliefst. S. z. B. die Beschreibung, welche Saussure (*Voy.* §. 1013) von einem dieser Seen, der *Gouille à Vassu* im Entremontthale giebt, dessen Rand ungefähr 7700 Fufs über dem Meere liegt. Es beweisen diese Erscheinungen, dafs, selbst in einer so beträchtlichen Höhe, die Winterkälte nicht zureicht mehr als die Oberfläche des eiskalten Wassers dieser Seen zum Gefrieren zu bringen; dafs das eben so wenig durch Kältemittheilung aus dem umgebenden Erdboden bewirkt wird, die einzige Erkältungsquelle, die nebst dem Einflufs der Winterkälte der Atmosphäre, noch zu Hülfe gezogen werden könnte.

Es läfst sich in der That kein geeigneterer Apparat denken, um die Temperatur von 0° zu bewahren, als gerade der Gletscher es ist. Erkältungen von der Ober-

fläche aus können, wie wir eben gesehen haben, nur auf eine geringe Tiefe sich erstrecken. Eine Erwärmung über 0° ist vollends unmöglich. Der erwärmende Einflufs der Sommerzeit bleibt daher nicht, wie im Erdboden, in der äufsersten Kruste haften, um durch den entgegengesetzten Einflufs der kalten Jahreszeit wiederum beseitigt zu werden. Er äufsert sich blofs dadurch, dafs er Eis von 0° im Wasser von eben derselben, oder nur ausnahmsweise von etwas darüber erhöhter Temperatur verwandelt, was sofort durch die ganze zerklüftete Masse hinuntersickert. Ist das Gletschereis mit der Wassermenge gesättigt, mit welcher es, in Folge seiner Porosität, getränkt bleiben kann, so wird das hinuntersickernde Wasser auf seinem Wege bis zum Gletscherboden nirgends haften bleiben; es sey denn es träfe Eis an, welches unter 0° erkältet ist, und welches sein Gefrieren bewirken müfste. Durch die bei Gefrieren frei werdende latente Wärme würde aber dieses kältere Eis sofort erwärmt, bis es ebenfalls die Temperatur von 0° besäfse, und sich verhielte wie die übrige mit Wasser getränkte Eismasse. Alles wirkt folglich darauf hin, die Temperatur von 0° im Innern des Gletschers zu erhalten, und sie wieder herzustellen, wenn sie durch eine zufällige Ursache in irgend einem Theil sich verändert haben sollte. Das Innere eines Gletschers besteht folglich aus Eis auf 0°, dessen Zwischenräume mit Wasser von ebenfalls 0° benetzt sind. Die Kälte der äufseren Umgebungen kann nur bis auf eine mäfsige Tiefe eindringen, und das benetzende Wasser zum Gefrieren bringen. Nur ausnahmsweise wird die kalte Winterluft, wenn durch Ungleichheit des Luftdrucks ein Luftzug erzeugt wird, in die weiteren Zwischenräume des Gletschers gelangen, und eine Erkaltung unter 0° auf ihrem Wege bewirken können. Zu den feineren Zwischenräumen des Eises wird sie sich selbst sofort den Zugang verstopfen, indem sie das aus denselben nachsickernde Wasser zum Gefrieren bringt.

Alle

fahrungen weisen darauf hin, dafs es
es Gletschers wirklich auf die angege-
ält, so weit man hat eindringen kön-
Bohrversuchen im Jahr 1842 auf dem
d Agassiz die Temperatur immer auf
ufs Tiefe. (*Compt. rend. XV*, p. 204.)
n im inneren unzugänglichen Theil ist
der Wahrscheinlichkeit widersprechende
jeder Begründung durch Thatsachen er-

die Beschaffenheit der Gletscher die ange-
lgt von selbst, dafs kein Wachsthum des
von innen heraus stattfindet, dafs über-
in Folge der Winterkälte, die Eisbildung
en des im Gletschereise enthaltenen Was-
einer mäfsigen Entfernung von der Aufsen-
ten kann. Die Erklärung des Fortschiebens
Gletschermasse, durch die Ausdehnung des
n Wassers, fällt dadurch von selbst.
lgt daraus ferner, dafs die Temperatur des Erd-
ter dem Gletscher das ganze Jahr hindurch auf
halten wird, diejenigen Stellen ausgenommen,
urch Höhlungen sich hindurchziehender Luft-
f eine etwas bleibende Weise erkältend oder
d wirkt. Derselbe Grund, welcher bewirkt,
äufserste Erdhülle an jedem Orte eine Mitteltem-
annimmt, die der Mittemperatur der umgebenden
ngefähr gleich ist, mufs bewirken, dafs die Erd-
che, unter den Gletschern, die seit undenklichen
mit Eis auf 0° in Berührung ist, dieselbe Tem-
r mufs angenommen haben. Ihrer eigenthümlichen
tnisse zufolge sind also Gletscher Apparate, wel-
nerseits die Temperatur des Bodens, den sie be-
f 0° erhalten, in Umgebungen, deren mittlere
ur beträchtlich über 0° steigt; auf +5° R.
de des unteren Grindelwald-Gletschers, wie

oben ist angeführt worden; andererseits aber auch in den oberen Gletscherregionen, in Umgebungen, deren mittlere Lufttemperatur bedeutend unter 0° sinkt. Wie weit aufwärts dieser eigenthümliche Einflufs der Gletscher stattfindet, mufs noch genauer ermittelt werden. Wahrscheinlich erstreckt er sich so weit noch eine fortschreitende Bewegung im ewigen Eise der Höhen bemerkbar ist, also noch weit in die Firnregion hinauf.

Wir wollen nunmehr untersuchen, wie die Theorie, wodurch man die Saussure'sche zu verdrängen versucht, von der Thatsache Rechenschaft giebt, dafs das Gletschereis nur thalabwärts vorrückt. Wir legen hier wieder Charpentier's Darstellung zum Grunde. (§. 11.) »Wenn,« so sagt er, »das in allen feinen Zwischenräumen des Gletschereises enthaltene Wasser zum Gefrieren kommt, so nimmt es an Raum zu, und theilt eine Art von Ausdehnung der ganzen Masse mit. Diese Ausdehnung mufs vorzüglich nach der Richtung sich äufsern, wo sie am wenigsten Widerstand findet; also einerseits in der Richtung des Abhanges oder der Länge des Gletschers; andererseits nach der Richtung der Dicke des Eises, von der unteren Fläche des Gletschers gegen oben; denn nach den anderen Richtungen findet sie Widerstand, sowohl von dem Berge, von welchem der Gletscher herabkommt, als von den Thalwänden, die ihn der Länge nach zu beiden Seiten einschliefsen.« Bei einem bleibenden Zustande des Gletschers wird durch das erfolgende Abschmelzen an der Oberfläche und am Ende des Gletschers die nach beiden Richtungen erfolgende Ausdehnung der Eismasse beseitigt, dem ganzen Gletscher entlang bleibt aber die thalabwärts gehende Bewegung des Eises bemerkbar.

Wäre eine solche Erklärung die richtige, so müfste man allervorderst am oberen Ende des Gletschers und an den ihn einschliefsenden Thalwänden Spuren der nach diesen Richtungen sich äufsernden ausdehnenden Kraft

des Eises finden; denn der hier erfolgende Widerstand soll es ja seyn, und nicht das eigene Gewicht des Eises, welcher den Gletscher thalabwärts drängt. Nun lesen wir aber bei Charpentier selbst (S. 81), dafs wenn ein Gletscher an seinem oberen Ende an einer Felswand endigt, das Zusammensinken (*tassement*) des Eises die unmittelbare Berührung hindert und eine weite Kluft zwischen der Felswand und dem Gletschereise erzeugt. Also gerade das Gegentheil von einem Anstemmen des Eises gegen das hinterliegende Gebirge, und eine Erklärung des Ablösens durch das eigene Gewicht des Eises nach Saussure'schen Grundsätzen. Ueberhaupt müfste eine in der ganzen Eismasse vor sich gehende, nach allen Richtungen sich äufsernde Ausdehnung alle Spalten, leere Zwischenräume und Klüfte, die den Gletscher durchziehen und ihn von den einschliefsenden Felswänden trennen, vollständig schliefsen, ehe sie eine mehrere Stunden lange Eismasse, auf öfter wenig geneigter Unterlage, abwärts zu schieben vermöchte. Von diesem Allen bemerkt man aber nichts. Die Reibung, die beim Vorwärtsschieben einer so ungeheuern Eismasse zu überwinden ist, liefse schlechterdings keine andere Ausdehnung zu, als ein Aufquellen der ganzen Eismasse nach der Dicke, auch ohne die Annahme, die Charpentier aufserdem noch vertheidigt, dafs der ganze Gletscher an seiner Grundfläche angefroren sey.

Es hat Charpentier das Gewicht dieses Einwurfes, der ihm 1838 bei der Versammlung der schweizerischen Naturforscher in Basel bereits gemacht worden ist, gar wohl gefühlt. Er giebt zu (S. 105), dafs wenn die Ausdehnung nur an einer einzelnen Stelle des Gletschers sich äufsern würde, auch nur ein solches Aufquellen der Gletschermasse an der entsprechenden Stelle eintreten könnte; allein da die Ausdehnung dem ganzen Gletscher entlang erfolge, so könne das nicht eintreten. Es will mir jedoch scheinen, dafs, wenn man das Aufquellen an

einer Stelle für zulässig findet, dafs bei einer Ausdehnung, die in der ganzen Gletschermasse sich kund giebt, eben ein Aufquellen an allen Stellen, und kein Vorwärtsschieben des Gletschers stattfinden müfste.

Die Annahme des Angefrorenseyns des Gletschereises an dem Boden scheint mir vollends schlechterdings unvereinbar mit der Thatsache des Vorrückens der Gletscher, sie mag nun hergeleitet werden von welcher Theorie man will. Wenn das Gletschereis zu jeder Stunde des Tages im Vorrücken begriffen ist, wenn durch die zwischen Eis und dem unterliegenden Felsboden eingeprefsten Gesteinstrümmer bei diesem Vorrücken Ritzen auf dem Felsboden entstehen, und das sind Thatsachen, die Charpentier und Agassiz lebhaft vertheidigen, so können doch unmöglich Eis und Erdboden zusammenhaften. (Vergl. auch Forbes, *Ann. de chim. et de phil.* 3e *Sér. VI*, *p.* 251.)

Charpentier führt nun freilich eine Thatsache an, welche das Angefrorenseyn der Gletscher an ihrer Grundfläche darthun soll (§. 34). Von dem über eine Felswand herabhängenden *Gietrozgletscher* im Bagnethal lösen im Sommer tagtäglich Eismassen sich ab, die unten im Thale eine Eisanhäufung bilden, den sogenannten unteren Gietrozgletscher. Häuft dieses Eis sich sehr an, so sperrt es den Abflufs der *Drance*, welche dann zu einem See anschwillt, dessen Abflufs beim Durchbrechen des Eisdamms schon mehrmals bedeutende Verheerungen angerichtet hat; so namentlich im Jahr 1818. Um das zu verhindern, hat die Regierung von Wallis im Jahr 1821 einen Stollen durch den Eisdamm anlegen lassen, durch welchen der Abflufs der Drance offen erhalten wird. Alljährlich wird dieser Stollen aufgeräumt. Jedes Jahr, und zwar vom Juni bis in den October, hat man nun, nach Charpentier, bei diesen Arbeiten den Boden des Gletschers gefroren gefunden, mit Ausnahme eines Streifens von etwa 10 Fufs Breite, über welchen

die Drance unmittelbar wegfliefst. Die Stelle liegt etwa 5500 Fufs über dem Meere. Wenn die Thatsache richtig ist, und ich habe keine Ursache an Charpentier's Angabe zu zweifeln, so wird eine nähere Untersuchung wohl lehren, dafs an einer solchen Stelle kein Vorrükken des Gletschereises über den unterliegenden Boden stattfindet. Die Frage würde, gerade weil alljährlich Arbeiten vorgenommen werden, leicht zu entscheiden seyn. Jedenfalls ist das eine sehr vereinzelte Thatsache, denn überall sonst, wo man unter einen wirklich in Bewegung begriffenen Gletscher eingedrungen ist, hat sich das am Boden aufliegende Eis im Zustande des Abschmelzens gezeigt.

Eine zweite Thatsache, die, nach Charpentier, das Angefrorenseyn der Gletscher an dem Boden, und folglich eine Temperatur unter 0° beweisen soll, ist die, dafs Wurzeln perennirender Alpenpflanzen, die im Jahr 1818 beim Vorrücken des Gletschers *du Tour* im Chamounithale in 4700 Fufs Meereshöhe von demselben bedeckt worden sind, noch Triebkraft genug zeigten, um wieder ausschlagen zu können, als vier Jahre später der Gletscher sich wieder zurückzog. Diese Wurzeln hätten, nach seiner Ansicht, während dieses langen Zeitraums faulen und gänzlich absterben müssen, wenn sie nicht in einer niedrigeren Temperatur als 0° verweilt hätten. Ich sollte indefs meinen, dafs solche Wurzeln in einem gewöhnlichen Eiskeller, in welchem das aufbewahrte Eis ebenfalls immer auf 0° bleibt, ihre Lebenskraft ohne zu faulen würden erhalten haben.

Ich komme nunmehr zu der Erklärungsweise der angeblichen Säuberung des Gletschers und des Ausstofsens von fremden Körpern, die man auch als Stütze der Gefrierungstheorie und eines Wachsthums des Eises von innen nach aufsen geltend gemacht hat. Die meisten Gletscher zeigen nämlich auf ihrer Oberfläche an gewissen Stellen, den sogenannten *Guferlinien*, Anhäufungen von

Steinblöcken und Felstrümmern, von denen in der Regel das Innere des Gletschereises frei bleibt. Doch ist der Fall so selten nicht, als man öfter behauptet, dafs Schichten des Gletschereises durch Zwischenlagen von Sand, Kies und gröfseren Steinen unterschieden sind, wie das z. B. Kuhn bezeugt, der längere Zeit Grindelwald bewohnt hat (Höpfner's Magazin, I, S. 120) und neuerlich Arnold Escher (Poggendorff's Annal. Bd LVI, S. 611). Dafs alle Steintrümmer, die von den umgebenden Felswänden auf den eigentlichen Gletscher herunterfallen, auf seiner Oberfläche müssen liegen bleiben; ist an sich klar, denn der im Winter niederfallende Schnee schmilzt hier in der warmen Jahreszeit vollständig wieder ab. Nur in der Firnregion, wo aus der jährlich herabfallenden Schneemasse eine neue Schicht von Gletschereis sich bildet, welche durch die abwärts schreitende Bewegung nach Jahren in die unteren Gletscherregionen vorgeschoben wird, können Steintrümmer in das Innere des Gletschereises gelangen. Auch diese erscheinen allmälig an der Oberfläche, was Saussure aus der immer vor sich gehenden Abschmelzung des der Atmosphäre zugekehrten Theils des Gletschers erklärt, wodurch die im Innern begrabenen fremden Körper allmälig zum Vorschein kommen, auf dem Gletscher liegen bleiben, und mit demselben thalabwärts vorrücken. Wenn das der Hergang der Sache ist, so wird behauptet, es müfste das Gletschereis, was aus Firnregionen herkommt, zum Theil das Aussehen einer durch Eis verbundenen Trümmerbreccie darbieten. (Charpentier, S. 17.)

Wir wollen uns hier nicht mit den Erklärungsweisen befassen, die nach Art der Aelpler ein wirkliches Aufwärtsbewegen der im Innern begrabenen fremden Körper, durch das umgebende Eis hindurch, annehmen. Charpentier hat in seiner Schrift deren Ungrund hinlänglich dargelegt (§. 25). Er selbst erklärt sich den Vorgang auf folgende Weise: Durch das Gefrieren des in die

Zwischenräume des Gletschereises eingesickerten Wassers und die damit verbundene Ausdehnung gelangt eine jede Schicht des Innern des Gletschers nach und nach in eine immer gröfsere Entfernung von dem Boden. An der Oberfläche findet aber durch Abschmelzen eine fortdauernde Verminderung des Eises statt, die eben durch jenen angeblichen Wachsthum von innen heraus ersetzt wird. Jede mit Unreinigkeiten erfüllte Eisschicht, die aus der Firnregion heruntergeschoben worden ist, gelangt daher endlich an die Oberfläche, wo dann die Unreinigkeiten, nach stattgefundenem Abschmelzen des umgebenden Eises, liegen bleiben. Charpentier hält es sogar für möglich, dafs auf diese Weise Steinblöcke, die bis an den Boden des Gletschers heruntergefallen sind, auf die angegebene Weise an die Oberfläche gelangen können, wenn sie sich in einer solchen Lage befinden, dafs die Eisbildung unter ihnen vor sich gehen kann. Wenn ich diese Erklärungsweise recht verstehe, so wäre nach derselben in den unteren Regionen der Gletscher alles aus der Firnregion herabgeschobene Eis vollständig abgeschmolzen; der Gletscher bestände hier nur aus dem durch Gefrieren des einfiltrirten Wassers allmälig gebildeten Eise, und zeigte aus eben diesem Grunde die grofse Reinheit.

Abgesehen von den Einwendungen, welche oben gegen den Wachsthum des Gletschereises von innen heraus überhaupt geltend gemacht worden sind, streitet die Erklärungsweise gegen die schönen, im letzten Jahre von Agassiz gemachten Beobachtungen über die Schichtung des Gletschereises, von deren Richtigkeit ich mich meines Orts, unter dessen Führung auf dem *Aargletscher*, vollkommen überzeugt habe. Einen kurzen Abrifs dieser Beobachtungen hat derselbe bereits im Jahrbuch von Leonhard und Bronn mitgetheilt (1843, S. 84 und 86). In der Firnregion, am Lauteraarfirn z. B., ist die Eismasse in horizontal liegende Schichten abgetheilt, die

wahrscheinlich aus den Schneeablagerungen der einzelnen Winter entstehen, und deren Absonderungen durch den Staub und Sand, welche zur Sommerzeit von den entblöfsten Felswänden durch die Winde hergeweht werden, bezeichnet sind. Jede Schicht deutet folglich einen Jahrgang an. Bereits Hottinger (*Ephem. nat. car.* 1706, S. 41), und nach ihm Saussure (*Voy.* §§. 514 und 2015) und Andere haben auf diese Schichtung des Firns aufmerksam gemacht. So wie der Firn thalabwärts in die eigentliche Gletscherregion gelangt, biegen sich die anfänglich horizontalen Schichten, indem sie sich von beiden Rändern gegen die Mitte einsenken. Das Ausgehende auf dem Gletscher bildet daher nicht mehr eine gerade Linie, sondern einen Bogen, dessen Convexität thalabwärts gerichtet ist. Weiter unten nimmt die Einsenkung der Mitte zu, das Ausgehende der Schichten auf der Gletscheroberfläche zeigt eine mehrfach eingeknickte Zickzacklinie, deren allgemeine Convexität immer noch abwärts gerichtet ist. In den Umgebungen des *Hôtel des Neuchatelois*, wo der Lauteraargletscher, durch den grofsen Guferwall getrennt, mit dem von der andern Seite des Abschwungs herabkommenden Finsteraargletscher zusammengestofsen ist, hat die Einbiegung der Schichten dermafsen zugenommen, dafs sie an den beiden Rändern unter steilen Winkeln gegen die Mitte einfallen, und auf der Mitte des Gletschers selbst theilweise senkrecht stehen, nach der Längenerstreckung des Gletschers fortschreitend. Ein ähnliches Verhalten zeigt der Finsteraargletscher auf der rechten Seite des Guferwalls. Wo ein kleinerer Seitengletscher mit dem grofsen Hauptgletscher zusammenstöfst, wird sehr bald seine ganze Masse so aufgerichtet, dafs seine Schichten steil vom Hauptgletscher gegen den Rand zu einfallen. Die einzelnen Schichten lassen sich deutlich erkennen durch die gewöhnlich etwas abweichende Beschaffenheit ihres Eises, und durch den Sand, welchen sie vorzüglich an der ursprünglich

nach oben gerichteten Oberfläche einschliefsen, und der zuweilen nahe liegenden Schichten eine etwas verschiedene Färbung mittheilt. Bei der vor sich gehenden Abschmelzung wird dieser Sand nicht sofort von den Gletscherbächen vollständig weggespült, sondern er bleibt theilweise an der Stelle der Abschmelzung liegen, was zu einer deutlichen Bezeichnung der Linien des Ausgehenden, wenn man den ganzen Gletscher überblickt, wesentlich beiträgt. Es kann wohl kein unmittelbarerer Beweis des beim Vorschieben des Gletschers erfolgenden Einkeilens und Zusammendrängens der ganzen Eismasse gegeben werden, als eben diese Structur.

Nebst dieser Schichtenabtheilung wird das poröse Gletschereis durchzogen von blauen Bändern dichteren Eises, die offenbar entstanden sind durch das Gefrieren des das Gletschereis tränkenden Wassers, während der kalten Jahreszeit, so weit die Winterkälte in das Innere der Gletscher- oder Firnmasse einzudringen vermag. Es hat nämlich dieses Eis eine ganz übereinstimmende Beschaffenheit mit demjenigen, welches sich in künstlich gemachten und mit Wasser angefüllten Vertiefungen im Winter auf dem Gletscher bildet. Die blauen Bänder existiren schon in der Firnregion. Zumstein (v. Welden, der Monte Rosa, 1824, S. 152), welcher bei seiner ersten Besteigung des Monte Rosa, im August 1820, in einer Firnspalte in 13128 Fufs Meereshöhe die Nacht zubrachte, giebt davon eine sehr anschauliche Beschreibung. Später haben sie bekanntlich die Aufmerksamkeit von Forbes auf sich gezogen. (*Edinb. new. phil. Journ. Jan.* 1842.) Sie laufen, auf dem eigentlichen Gletscher wenigstens, im Allgemeinen parallel mit der Schichtung, stehen daher senkrecht, oder fallen steil ein, wo die Schichten eine entsprechende Stellung haben. Der Parallelismus ist jedoch nicht immer vollständig, sie laufen den Schichtungsabsonderungen zuweilen unter spitzen Winkeln zu. Wir haben deren nähere Beschreibung

und die Darstellung ihres Verhaltens in den verschiedenen Regionen des Gletschers von Agassiz zu gewärtigen. Forbes scheint anzunehmen (*Bibl. univ. de Genève*, 42, *p.* 352), es entstünden diese Bänder aus Spalten, die sich durch die ungleichförmige Bewegung der verschiedenen Theile des Gletschers nach der Richtung der Bänder, auf dem mittleren Theil des Aargletschers also seiner Längenerstreckung nach, bildeten, später sich mit Wasser füllten, was im Winter gefriere. Die Unstatthaftigkeit dieser Erklärung ergiebt sich wohl daraus, dafs solche Längenspalten, die doch bei der stärksten Bewegung des Gletschers während des Sommers in dieser Jahreszeit vorzugsweise beobachtet werden müfsten, auf dem Aargletscher gar nicht existiren. Alle Spalten laufen in der Regel queer über den Gletscher.

In den tieferen, vom *Hôtel des Neuchatelois* weiter abwärts liegenden Theilen des Aargletschers wird die Schichtenstellung wieder verändert, auf eine Art und Weise, in die wir hier nicht eintreten wollen. Im Allgemeinen wird sie verworrener, blaue Bänder und wahre Schichtungsabsonderungen lassen sich kaum mehr von einander unterscheiden. Das Daseyn einer Schichtung wird indefs leicht erkannt, wenn man sich einmal von der Thatsache an denjenigen Stellen des Gletschers überzeugt hat, wo sie wegen gröfserer Regelmäfsigkeit anschaulicher hervortritt.

Das Vorhandenseyn einer Schichtung im Gletschereise spricht nun ganz gegen eine Entstehungsweise des Eises in den unteren Regionen der Gletscher, wie Charpentier sich dieselbe vorstellt. Eine blofs aus gefrorenem Wasser entstandene klare Eismasse könnte keine Schichtung zeigen. Charpentier behauptet, auch die geschichtete Structur des Firns gehe verloren, wenn er sich zum Gletscher umwandelt (S. 18). Es ist überhaupt merkwürdig, wie lange die Structurverhältnisse der Gletscher auch von emsigen Beobachtern übersehen worden sind. Es erklärt sich das zunächst daraus, dafs die

Gletscher gewöhnlich nur bei schöner Witterung besucht werden. Dann ist aber durch die vor sich gehende Abschmelzung die äufsere Oberfläche des Gletschereises aufgelockert; Schichtung und blaue Bänder sind kaum bemerkbar, so deutlich sie bei Regenzeit sich darstellen. Ist man aber einmal durch genauere Beobachtungen auf die Sache aufmerksam geworden, so wird man überall die Schichtung erkennen.

Dafs man im Innern des Gletschereises selten gröbere Gesteinstrümmer antrifft, erklärt sich wohl genügend daraus, dafs erstlich die Stellen, wo durch Herabfallen von Schutt derselbe in die Firnmasse begraben werden kann, im Vergleich zu denjenigen, wo kein Schutt auf den Firn gelangt, nur von unendlich kleiner Ausdehnung sind. Dann liegen diese Stellen am Rande des sich bildenden Gletschers. Beim Herabschieben gegen die Tiefe zu erleidet aber das am Rande liegende Eis gewöhnlich eine besonders starke Abschmelzung, wie die Vertiefungen beweisen, welche die Oberfläche des Gletschers häufig von den das Thal einschliefsenden Felswänden trennen, namentlich wenn die Thalwand der Erwärmung durch die bescheinende Sonne ausgesetzt ist. Die im Eise des Randes eingeschlossenen Felstrümmer werden also bald entblöfst und gelangen in die Gandecke des Gletschers. Oder der Gletscher vereinigt sich mit einem andern, wo dann, wie wir bei der Darstellung der Schichtungsverhältnisse gesehen haben, der Rand in der Höhe bleibt, die Schichten in der Mitte sich einbiegen und einknicken und zusammengedrängt werden. Auch hier bleiben also wieder die Theile des früheren Randes in der Höhe dem Abschmelzen durch den Einflufs der warmen Atmosphäre vorzugsweise ausgesetzt; die herausschmelzenden Steintrümmer gelangen in die auf dem zusammengesetzten Gletscher sich hinziehende Guferlinie; die theilweise aufgerichteten und zusammengeprefsten Schichten des mittleren Theils des früheren Gletschers

und die Darstellung ihres Verhaltens in den verschiedenen Regionen des Gletschers von Agassiz zu gewärtigen. Forbes scheint anzunehmen (*Bibl. univ. de Genève*, 42, *p.* 352), es entstünden diese Bänder aus Spalten, die sich durch die ungleichförmige Bewegung der verschiedenen Theile des Gletschers nach der Richtung der Bänder, auf dem mittleren Theil des Aargletschers also seiner Längenerstreckung nach, bildeten, später sich mit Wasser füllten, was im Winter gefriere. Die Unstatthaftigkeit dieser Erklärung ergiebt sich wohl daraus, dafs solche Längenspalten, die doch bei der stärksten Bewegung des Gletschers während des Sommers in dieser Jahreszeit vorzugsweise beobachtet werden müfsten, auf dem Aargletscher gar nicht existiren. Alle Spalten laufen in der Regel queer über den Gletscher.

In den tieferen, vom *Hôtel des Neuchatelois* weiter abwärts liegenden Theilen des Aargletschers wird die Schichtenstellung wieder verändert, auf eine Art und Weise, in die wir hier nicht eintreten wollen. Im Allgemeinen wird sie verworrener, blaue Bänder und wahre Schichtungsabsonderungen lassen sich kaum mehr von einander unterscheiden. Das Daseyn einer Schichtung wird indefs leicht erkannt, wenn man sich einmal von der Thatsache an denjenigen Stellen des Gletschers überzeugt hat, wo sie wegen gröfserer Regelmäfsigkeit anschaulicher hervortritt.

Das Vorhandenseyn einer Schichtung im Gletschereise spricht nun ganz gegen eine Entstehungsweise des Eises in den unteren Regionen der Gletscher, wie Charpentier sich dieselbe vorstellt. Eine blofs aus gefrorenem Wasser entstandene klare Eismasse könnte keine Schichtung zeigen. Charpentier behauptet, auch die geschichtete Structur des Firns gehe verloren, wenn er sich zum Gletscher umwandelt (S. 18). Es ist überhaupt merkwürdig, wie lange die Structurverhältnisse der Gletscher auch von emsigen Beobachtern übersehen worden sind. Es erklärt sich das zunächst daraus, dafs die

Gletscher gewöhnlich nur bei schöner Witterung besucht werden. Dann ist aber durch die vor sich gehende Abschmelzung die äufsere Oberfläche des Gletschereises aufgelockert; Schichtung und blaue Bänder sind kaum bemerkbar, so deutlich sie bei Regenzeit sich darstellen. Ist man aber einmal durch genauere Beobachtungen auf die Sache aufmerksam geworden, so wird man überall die Schichtung erkennen.

Dafs man im Innern des Gletschereises selten gröbere Gesteinstrümmer antrifft, erklärt sich wohl genügend daraus, dafs erstlich die Stellen, wo durch Herabfallen von Schutt derselbe in die Firnmasse begraben werden kann, im Vergleich zu denjenigen, wo kein Schutt auf den Firn gelangt, nur von unendlich kleiner Ausdehnung sind. Dann liegen diese Stellen am Rande des sich bildenden Gletschers. Beim Herabschieben gegen die Tiefe zu erleidet aber das am Rande liegende Eis gewöhnlich eine besonders starke Abschmelzung, wie die Vertiefungen beweisen, welche die Oberfläche des Gletschers häufig von den das Thal einschliefsenden Felswänden trennen, namentlich wenn die Thalwand der Erwärmung durch die bescheinende Sonne ausgesetzt ist. Die im Eise des Randes eingeschlossenen Felstrümmer werden also bald entblöfst und gelangen in die Gandecke des Gletschers. Oder der Gletscher vereinigt sich mit einem andern, wo dann, wie wir bei der Darstellung der Schichtungsverhältnisse gesehen haben, der Rand in der Höhe bleibt, die Schichten in der Mitte sich einbiegen und einknicken und zusammengedrängt werden. Auch hier bleiben also wieder die Theile des früheren Randes in der Höhe dem Abschmelzen durch den Einflufs der warmen Atmosphäre vorzugsweise ausgesetzt; die herausschmelzenden Steintrümmer gelangen in die auf dem zusammengesetzten Gletscher sich hinziehende Guferlinie; die theilweise aufgerichteten und zusammengeprefsten Schichten des mittleren Theils des früheren Gletschers

und die Darstellung ihres Verhaltens in den verschiedenen Regionen des Gletschers von Agassiz zu gewärtigen. Forbes scheint anzunehmen (*Bibl. univ. de Genève*, 42, *p.* 352), es entstünden diese Bänder aus Spalten, die sich durch die ungleichförmige Bewegung der verschiedenen Theile des Gletschers nach der Richtung der Bänder, auf dem mittleren Theil des Aargletschers also seiner Längenerstreckung nach, bildeten, später sich mit Wasser füllten, was im Winter gefriere. Die Unstatthaftigkeit dieser Erklärung ergiebt sich wohl daraus, daſs solche Längenspalten, die doch bei der stärksten Bewegung des Gletschers während des Sommers in dieser Jahreszeit vorzugsweise beobachtet werden müſsten, auf dem Aargletscher gar nicht existiren. Alle Spalten laufen in der Regel queer über den Gletscher.

In den tieferen, vom *Hôtel des Neuchatelois* weiter abwärts liegenden Theilen des Aargletschers wird die Schichtenstellung wieder verändert, auf eine Art und Weise, in die wir hier nicht eintreten wollen. Im Allgemeinen wird sie verworrener, blaue Bänder und wahre Schichtungsabsonderungen lassen sich kaum mehr von einander unterscheiden. Das Daseyn einer Schichtung wird indeſs leicht erkannt, wenn man sich einmal von der Thatsache an denjenigen Stellen des Gletschers überzeugt hat, wo sie wegen gröſserer Regelmäſsigkeit anschaulicher hervortritt.

Das Vorhandenseyn einer Schichtung im Gletschereise spricht nun ganz gegen eine Entstehungsweise des Eises in den unteren Regionen der Gletscher, wie Charpentier sich dieselbe vorstellt. Eine bloſs aus gefrorenem Wasser entstandene klare Eismasse könnte keine Schichtung zeigen. Charpentier behauptet, auch die geschichtete Structur des Firns gehe verloren, wenn er sich zum Gletscher umwandelt (S. 18). Es ist überhaupt merkwürdig, wie lange die Structurverhältnisse der Gletscher auch von emsigen Beobachtern übersehen worden sind. Es erklärt sich das zunächst daraus, daſs die

Gletscher gewöhnlich nur bei schöner Witterung besucht werden. Dann ist aber durch die vor sich gehende Abschmelzung die äufsere Oberfläche des Gletschereises aufgelockert; Schichtung und blaue Bänder sind kaum bemerkbar, so deutlich sie bei Regenzeit sich darstellen. Ist man aber einmal durch genauere Beobachtungen auf die Sache aufmerksam geworden, so wird man überall die Schichtung erkennen.

Dafs man im Innern des Gletschereises selten gröbere Gesteinstrümmer antrifft, erklärt sich wohl genügend daraus, dafs erstlich die Stellen, wo durch Herabfallen von Schutt derselbe in die Firnmasse begraben werden kann, im Vergleich zu denjenigen, wo kein Schutt auf den Firn gelangt, nur von unendlich kleiner Ausdehnung sind. Dann liegen diese Stellen am Rande des sich bildenden Gletschers. Beim Herabschieben gegen die Tiefe zu erleidet aber das am Rande liegende Eis gewöhnlich eine besonders starke Abschmelzung, wie die Vertiefungen beweisen, welche die Oberfläche des Gletschers häufig von den das Thal einschliefsenden Felswänden trennen, namentlich wenn die Thalwand der Erwärmung durch die bescheinende Sonne ausgesetzt ist. Die im Eise des Randes eingeschlossenen Felstrümmer werden also bald entblöfst und gelangen in die Gandecke des Gletschers. Oder der Gletscher vereinigt sich mit einem andern, wo dann, wie wir bei der Darstellung der Schichtungsverhältnisse gesehen haben, der Rand in der Höhe bleibt, die Schichten in der Mitte sich einbiegen und einknicken und zusammengedrängt werden. Auch hier bleiben also wieder die Theile des früheren Randes in der Höhe dem Abschmelzen durch den Einflufs der warmen Atmosphäre vorzugsweise ausgesetzt; die herausschmelzenden Steintrümmer gelangen in die auf dem zusammengesetzten Gletscher sich hinziehende Guferlinie; die theilweise aufgerichteten und zusammengeprefsten Schichten des mittleren Theils des früheren Gletschers

getti adottati, e procederà d'accordo coi medesimi a tutti gli occorrenti preparativi.

L'esperienza da eseguirsi dovrà essere tale da poter far conoscere qualche nuovo fatto o qualche recentissimo progresso della scienza, essendo da escludersi tutte quelle che non offrissero alcun interesse di novità scientifica; dovrà parimenti essere di natura da non richiedere un soverchio tempo di esecuzione, dovendo poter essere eseguito in modo che i Membri del Congresso possano commodamente assistervi.

La Città non s'incarica che delle spese immediatamente relative all'esperimento, rimanendo le spese di viaggio a carico del proponente; e qualora intendasi che s'abbiano a sostenere anche altre spese, l'accordarle o meno, farà soggetto di particolare deliberazione secondo l'evenienza del caso.

Le indicazioni ben particolarizzate delle esperienze che si vorrebbero eseguire e che verranno dirette dai proponenti alla Congregazione municipale della regia città di Milano dovranno essere scritte in una delle seguenti lingue: latina, italiana o francese.

Il presente programma verrà pubblicato diramandolo ai principali corpi scientifici d'Europa, non che per mezzo delle più importanti pubblicazioni periodiche.

Milano dal palazzo municipale li 18 settembre 1843.

*cuter une ou plusieures des expériences projetées. Aussitôt que la Commission aura pris sa décision, elle se mettra immédiatement en rapport avec l'auteur, ou les auteurs des projets adoptés, afin de procéder de commun accord aux dispositions necessaires.*

*L'expérience en question devra être de nature à pouvoir devoiler un fait nouveau, ou bien à demontrer quelque progrès scientifique très-récent. En outre elle devra pouvoir se faire dans un laps de tems assez court pour que le Membres du Congrès puissent y assister tout à leur aise.*

*La Ville ne se charge que des dépenses relatives à l'expérience, celles du voyage restant à la charge de la personne qui aura faite la proposition.*

*Le cas échéant d'un surcroît de dépense imprévu ce ne sera que par une nouvelle délibération que l'Administration municipale pourra ou non l'accorder.*

*Les indications détaillés des expériences qui seront présentées devront être adressées à la Congregation municipale de la ville royale de Milan, en langue italienne, latine, ou française.*

*Pour que le present programme puisse avoir la plus grande publicité possible il sera adressé aux principales académies d'Europe et sera inséré dans le journeaux scientifiques et politiques les plus renommés.*

*Du palais municipal de Milan* 18 *septembre* 1843.

1843. ANNALEN №. 12.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LX.

## I. *Ueber die Sirene;*
### *von August Seebeck.*

1) In einer so eben erschienenen interessanten Abhandlung [1]) hat G. S. Ohm eine Theorie der Töne der Sirene gegeben, und sich dabei auf einige Beobachtungen bezogen, welche von mir an diesem Instrument angestellt worden sind [2]). Obgleich ich diesem Gegenstande einige Mufse zu widmen gegenwärtig nicht im Stande bin, so halte ich doch ein Paar Bemerkungen, welche sich mir beim Lesen jenes Aufsatzes dargeboten haben, und welche mir geeignet scheinen, Einiges zur Berichtigung und Ergänzung der Ansichten des gelehrten Verfassers beizutragen, besonders deshalb für mittheilenswerth, weil es sich dabei um eine für die Akustik ungemein wichtige Frage handelt, nämlich: *was ist als das Wesentliche der Wellen eines Tons anzusehen*, sey es dafs derselbe allein, oder zugleich mit andern Tönen auftritt? Es bildet diese Frage einen Theil einer andern, über welche ich seit längerer Zeit, wenigstens etwas Aufschlufs zu erhalten, einige Versuche gemacht habe, nämlich: welche Vorstellung hat man sich von der eigenthümlichen Wellenform verschiedener Klänge zu machen?

2) Es wird häufig angenommen, dafs die Geschwindigkeit, welche ein zu den Wellen eines einzelnen Tons gehörendes Theilchen zur Zeit $t$ besitzt, vorgestellt werde durch $a \cos 2\pi(mt+\theta)$, wo $a$ die Schwingungsweite, $m$ die Schwingungsmenge und $\theta$ einen constanten Zeitwerth

1) Diese Annalen, 1843, No. 8.

2) Ebendaselbst, 1841, No. 7.

bezeichnet. Der Grund zu dieser Annahme liegt, so viel mir bekannt ist, nur darin, dafs man durch die Theorie der Schwingungen in gewissen einfacheren Fällen der Tonerzeugung auf diese Form geführt wurde, und in anderen, weniger einfachen Fällen mittelst einer Betrachtungsweise, deren Strenge durch die neuere Mathematik erwiesen ist, die Welle auf Bestandtheile von dieser Form, also auf verschiedene Töne von jener Beschaffenheit, zurückzuführen sich im Stande sah. Wie dieses Letztere auch auf die Sirene und überhaupt auf jene Töne, die durch eine Reihe mehr oder weniger getrennter Eindrücke erzeugt werden, anzuwenden sey, ist von Ohm in der genannten sehr werthvollen Abhandlung gezeigt worden. Es ist meine Absicht im Nachfolgenden zu untersuchen, in wie weit die Richtigkeit der Ansicht, dafs jene Wellenform als das Wesen des Tones zu betrachten sey, durch die Sirene-Versuche bestätigt werde.

3) Ich habe ein Paar Worte über die in Rede stehenden Versuche vorauszuschicken. — Wenn durch ein enges Röhrchen ein Luftstrom gegen die Löcherreihe der rotirenden Scheibe geblasen wird, so ist es einleuchtend, dafs der aus dem Röhrchen tretende Luftstrom, so lange er gegen den nicht durchbrochenen Theil der Scheibe tritt, zurückgeworfen und seitwärts verbreitet werden mufs; doch wird durch diese Ausbreitung jedenfalls die Luftbewegung in so bedeutendem Maafse geschwächt, dafs man annehmen darf, es finde die Hauptwirkung eines jeden Luftstofses dann statt, wenn ein Loch der Sirene in den *directen* Luftstrom, oder doch sehr in dessen Nähe tritt. Sind daher die Abstände der Löcher von einander grofs genug gegen deren Durchmesser — bei meinen Versuchen in der Regel 4 bis 12 Mal so grofs — und auch das Röhrchen eng genug — bei meinen Versuchen noch etwas enger als die Löcher, — so können die Luftstöfse mit mehr oder weniger Annäherung als getrennte Eindrücke betrachtet werden, oder genauer: es mufs ein

Wellenzug entstehen, in welchem die positiven Halbwellen viel hervortretender sind, als die negativen, wenn man unter einer positiven Halbwelle diejenige Hälfte der Periode versteht, in deren Mitte die Löcher sich gerade vor der Röhre befinden, und unter einer negativen die andere Hälfte, in deren Mitte sich die Röhre mitten zwischen zwei Löchern befindet. Fig. 14 Taf. I, mag ungefähr ein Bild einer solchen Wellenform geben, indem die über irgend einer wagerechten Abscissenlinie errichteten Ordinaten der Curve $ambcnd$.... die Geschwindigkeiten der Lufttheilchen für irgend einen Zeitmoment vorstellen; $AB$ ist nicht diese Abscissenlinie, sondern ihr parallel, und so gezogen, dafs sie den Wellenzug in Hälften von gleicher Länge $ab=bc=cd=de$... theilt; die positiven Halbwellen $amb$, $cnd$... sind so hervortretend, dafs sie angenähert als getrennte Eindrücke zu betrachten sind.

4) Diese in der Natur jener Tonerzeugung begründete Ansicht findet in den Erfahrungen, von welchen ich a. a. O. Nachricht gegeben habe, vielfältige Bestätigung. In diesem Sinne wurden — und werden auch jetzt noch — die in jener Abhandlung unter III. genannten Versuche, so wie auch die Interferenz eines Tones mit seiner Octave als einfache und nothwendige Folgerungen von mir angesehen, während die Interferenz zweier Unisonotöne ganz einfach auf dem Wesen entgegengesetzter Gröfsen beruht, sobald nämlich — worauf diese Versuche eben zielten — die Ansicht F. Savart's aufgegeben wird, als habe das Gehörorgan die Eigenschaft, die aus verschiedenen Orten kommenden Eindrücke durchaus getrennt zu halten. In der That finde ich auch in Ohm's Erklärung dieser Erscheinungen wesentlich dieselbe Auffassung wieder, nur unter einer specielleren Form, deren Zulässigkeit ich nachher beleuchten werde.

5) Nicht in gleichem Maafse einfach sind die a. a. O. unter II. beschriebenen Versuche, und es schienen mir

dieselben aus verschiedenen Gesichtspunkten aufgefafst werden zu können. Namentlich entging es mir bei weiterer Erwägung nicht, dafs z. B. in den Fällen, wo die Abstände der Eindrücke abwechselnd $t$ und $t'$ sind, die Bewegung einige Aehnlichkeit mit der haben müsse, welche aus zwei regelmäfsigen Wellenzügen gebildet werden können, etwa wie in Fig. 15 Taf. I. Allein der Versuch, dieser Aehnlichkeit weiter nachzugehen, schien mir scheitern zu müssen, einerseits an der Unkenntnifs von der näheren Beschaffenheit der Sirenestöfse, und andererseits an der in §. 1 berührten Ungewifsheit über das, was als wesentlich zur Wellenform eines Tones gehörend zu betrachten sey. Dieser Schwierigkeit ist Ohm dadurch entgangen, dafs er als das Wesen der Tonwellen die in §. 2 erwähnte Form $a \cos 2\pi (mt + \theta)$ *voraussetzt*, und dabei annimmt, dafs die Stärke des Tones durch den Werth von $\frac{a}{m}$ bestimmt werde[1]), in Betreff der Sirenestöfse aber zunächst der Einfachheit wegen eine ganz einseitige Form in's Auge fafst, auf welche sich jedoch, mit Hülfe des auch für die Akustik so fruchtbaren Satzes von der Darstellung willkührlicher Functionen durch Sinusreihen, diese Eindrücke jederzeit zurückführen lassen. Die unter diesen Voraussetzungen entwickelten theoretischen Resultate findet der gelehrte Verfasser in Uebereinstimmung mit meinen Versuchen. Ich werde im Folgenden untersuchen, wie es sich mit dieser Uebereinstimmung verhalte, wenn man

I. an Ohm's Theorie keine Aenderungen vornimmt, als ein Paar kleine, aber wesentliche Berichtigungen;

II. wenn man diese Theorie verallgemeinert in Betreff der über die Sirenestöfse zu machenden Voraussetzungen, aber bei der Annahme bleibt, dafs das Wesen des Tones in der bezeichneten Wellenform liege;

1) A. a. O. S. 518 und 558 Anmerk.

III. wenn man in der letzteren Beziehung von einer weniger beschränkenden Annahme ausgeht.

I.

6) Zuvörderst darf wohl der von Ohm an die Spitze seiner Betrachtungen gestellte Grundsatz, »dafs zur Erklärung einer Naturbegebenheit keine anderen Ursachen anzunehmen seyen, als welche nothwendig und hinreichend sind,« dahin ausgelegt oder ergänzt werden, dafs, um auf dem Felde der Empirie das Ausgemachte von dem Wahrscheinlichen und Hypothetischen zu unterscheiden, man die Vorstellung von den wesentlichen Ursachen einer Erscheinung nicht weiter beschränken dürfe, als die Erfahrung unbedingt verlangt. — Diesem Grundsatze gemäfs kann über die Ursachen eines Tones *zunächst* so viel gesagt werden: Ein Ton entsteht durch periodische Wiederkehr eines gleichen oder ähnlichen Bewegungszustandes; die Dauer der Periode, deren Länge wohl ohne Zweifel zwischen gewissen Gränzen liegen mufs, bestimmt die Höhe des Tones. Obgleich durch minder regelmäfsiges Einhalten der Periode ein unvollkommener Ton erzeugt wird, so kann doch die Regelmäfsigkeit derselben als Norm für den vollkommenen Ton betrachtet werden. — Diese Erklärung ist, indem sie die Bewegung innerhalb der Periode noch völlig unbestimmt läfst, offenbar zu weit, denn sie pafst eben sowohl auf die Fälle, wo der durch die Periode bedingte Ton allein auftritt, als wo wir ihn von den Tönen seiner harmonischen Oberreihe begleitet hören. Die Art der Bewegung während der Dauer einer Periode mufs also, damit der Ton einfach sey, noch einer gewissen Beschränkung unterliegen. Macht man nun die Annahme, es bestehe diese Beschränkung darin, dafs die Wellen des einfachen Tones von der Form $a \cos 2\pi(mt+\theta)$ sind, und es beruhe überhaupt das Auftreten des Tones $m$ stets und nur auf dem Vorhandenseyn eines Wellenzugs von dieser Form, so gelangt man z. B. an der Sirene

zu gewissen Folgerungen, welche mit der Erfahrung verglichen werden können. Sollte diese mit ihnen in Widerspruch treten, so würde dadurch bewiesen seyn, dafs jene Annahme entweder unrichtig oder wenigstens zu beschränkt ist; stimmen sie dagegen mit der Erfahrung überein, so gewinnt jene Annahme an Wahrscheinlichkeit, oder es bilden wenigstens die in Rede stehenden Erscheinungen kein Argument gegen dieselbe, wenn sie sich anderweitig bewährte; erwiesen aber würde dieselbe erst dann seyn, wenn gezeigt würde, dafs man bei jeder andern Annahme zu erfahrungswidrigen Resultaten gelangt, dafs nicht nur *jedesmal* dann, sondern auch *nur* dann der Ton *m* gehört wird, wenn Wellen von der angegebenen Form da sind. Welcher von diesen drei Fällen auch eintrete, so wird daraus immer ein Gewinn für unsere Einsicht in das Wesen der Töne erwachsen. Auf diese Weise bleibt Ohm's Arbeit durch die angeregte Art der Behandlung jedenfalls ein entschiedener Werth gesichert.

7) Ich habe zu den früher beschriebenen Erfahrungen nur *eine* hinzuzufügen, welche ich damals zu unvollkommen kannte, um etwas darüber zu sagen. An der einfachen Sirene nämlich, mit gleichabstehenden Löchern, also isochronen Eindrücken, kann man öfters neben dem Hauptstrom, wenn auch äufserst schwach, einen und den andern Ton seiner harmonischen Oberreihe mitklingen hören. Auch beim Anschlagen der Löcher mit einer Kartenblattspitze können sie bemerkt werden. Hierin ist zunächst eine Bestätigung der Ohm'schen Theorie zu finden, denn nach dieser müfste jeder Sireneton mehr oder weniger von diesen Beitönen begleitet seyn. Ich habe früher einige Versuche zur Erklärung dieser Wahrnehmung gemacht; da ich aber fand, dafs bei ungeändertem Apparate bald dieser, bald jener Ton der Reihe erkennbar wurde, je nachdem ich den Standpunkt des Ohres veränderte, so schien mir das Wahrscheinlichste, sie ent-

ständen dadurch, dafs die von den Wänden zurückgeworfenen Stöfse zwischen die directen treten, und dadurch eine vermehrte Schwingungsmenge geben. Ich halte es aber jetzt für viel wahrscheinlicher, dafs sie im Wesentlichen auf dem von Ohm bezeichneten Wege zu erklären sind, wonach ihre Entstehung von der Zurückwerfung unabhängig ist, und nur ihre verschiedene Stärke an verschiedenen Stellen des Zimmers durch eine Interferenz mit den zurückgeworfenen Wellen auf bekannte Weise zu erklären ist.

8) Bei einer genaueren Erwägung zeigt sich jedoch einige Schwierigkeit in der ungemein geringen Stärke dieser Töne. Zwar stellt Ohm (a. a. O. S. 558 d. und S. 564) den Satz auf, dafs die Beitöne, welche bei sehr kurzen, getrennten Eindrücken äufserst stark seyn müssen, unter Umständen gegen den Hauptton verschwindend schwach werden können, wenn nämlich die aus jedem Loche hervorgehenden Eindrücke sich nahe über das ganze Intervall (Periode) erstrecken; allein diesem Satze liegt ein Versehen zum Grunde, das zwar offenbar nur auf einem Schreibfehler beruht, aber gerade hier zu ganz irrigen Resultaten führt. Setzt man nämlich $\lambda = l$, so wird die Schwingungsweite nicht, wie S. 558 steht, $\frac{4\alpha}{\pi(i^2-1)}$, sondern $\frac{4\alpha}{\pi(4i^2-1)}$ [1]). Dann wird

1) Ein anderes Versehen liegt auch in dem Satze *c* auf derselben Seite; denn setzt man $\lambda = \frac{1}{2}l$, so wird die Schwingungsweite nicht $\frac{\alpha}{2i}$, sondern $\frac{2\alpha}{\pi(i^2-1)} \cos\frac{\pi}{2}i$. Dieser Werth wird Null, so oft $i$ eine ungerade Zahl ist, aufser wenn $i=1$, wo er in $\frac{\alpha}{2}$ übergeht. Die Töne erhalten also nicht gleiche Stärke, sondern die mit der Schwingungsmenge $\frac{3}{2l}$, $\frac{5}{2l}$, $\frac{7}{2l}$ ... fallen ganz weg, und für die übrigen $\frac{1}{2l}$, $\frac{2}{2l}$, $\frac{4}{2l}$ ... nimmt die Stärke mit der Höhe ab. Diefs wird unten in §. 9 zu berücksichtigen seyn.

aber der erste Ton nicht unendlich Mal stärker, als die Beitöne, sondern es verhalten sich die Schwingungsweiten der Töne $\frac{1}{2l}, \frac{2}{2l}, \frac{3}{2l} \ldots$ wie die Zahlen $\frac{1}{3}, \frac{1}{15}, \frac{1}{35} \ldots$ Wenn nun, wie man mit vieler Wahrscheinlichkeit annehmen darf, die Stärke der Töne (bei gleicher Empfänglichkeit des Ohres) ihrer lebendigen Kraft proportional ist, so werden die verhältnifsmäfsigen Intensitäten jener Töne $\frac{1}{9}, \frac{4}{225}, \frac{9}{1225} \ldots$ Diese Zahlen bezeichnen die Gränze, *unter* welche die Stärke der höheren Töne im Vergleich zum tieferen nach Ohm's Theorie nicht würde sinken können, dagegen sie bei sehr kurzen, getrennten Eindrücken mit viel gröfserer Stärke auftreten und beinahe 4, 9 ... Mal stärker als der erste, tiefste Ton werden müfsten. Nun erscheinen diese höheren Töne jederzeit, die Löcher der Sirene mögen einander sehr nahe stehen, oder durch sehr grofse Zwischenräume getrennt seyn, nur äufserst schwach, so dafs sie wahrscheinlich von den Meisten, welche sich mit Versuchen an diesem Instrument beschäftigt haben, gar nicht bemerkt worden sind, und obschon die Vergleichung verschiedener Tonstärken mit dem Gehöre eine sehr unsichere Sache ist, so würde ich doch kaum anstehen zu behaupten, dafs sie noch nicht einmal jene untere Gränze erreichen, auch wenn sich nicht aus der Vergleichung der so eben berechneten Zahlen mit denen des folgenden §. ein festerer Anhaltpunkt für die Vergleichung der Intensitäten ergäbe.

9) Das vorhin bezeichnete Versehen übt auch einen bedeutenden Einflufs auf die Rechnung aus, zu welcher einige meiner Versuche Ohm Anlafs gegeben haben, und aus welcher er den Schlufs zieht, dafs an meiner Sirene die Eindrücke sich nahe über die ganze Länge des Intervalls erstrecken (a. a. O. S. 561 bis zum Schlufs). Setzt man nämlich $\lambda$ nahe $= l$, so erhält man für den Versuch, wo die Löcherabstände an meiner Sirene abwechselnd $5^0$ und $7^0$ betrugen, das Verhältnifs der Schwin-

gungsweite des Tones $\frac{1}{2l}$ zu der des Tones $\frac{2}{2l}$ wie

$$\frac{\cos 75^\circ}{3} : \frac{\cos 150^\circ}{15},$$

folglich das Verhältniſs der Intensitäten beider Töne wie $\left(\frac{\cos 75^\circ}{3}\right)^2 : 4.\left(\frac{\cos 150^\circ}{15}\right)^2$, das ist nahe wie 5 : 7, so daſs der zweite Ton noch etwas stärker als der erste seyn müſste, da ihn doch die Erfahrung sehr viel schwächer giebt. Für die Löcherreihe mit abwechselnd 9° und 11° würde der zweite Ton fast 16 Mal und für die mit $9\frac{1}{2}$ und $10\frac{1}{2}$ Grad würde er gegen 70 Mal stärker seyn, als der erste Ton, was auf keine Weise mit der Erfahrung stimmt. — Nun ist aber in der That nicht abzusehen, wie bei der Art, wie die in Rede stehenden Versuche ausgeführt worden sind, der Werth von $\lambda$ dem von $l$ gleich kommen, d. h. der Eindruck das ganze Intervall ausfüllen soll; denn wenn auch diese Annahme zulässig seyn möchte, wo zwei getrennte Löcherreihen mit zwei dazu gehörenden Röhren so angeblasen werden, daſs auf der einen der eine, auf der andern der andere Eindruck des Intervalls erzeugt wird, so ist dieſs doch hier nicht der Fall, da mit *einer* Röhre auf *einer* Löcherreihe der beschriebenen Art die beiden zu einem Intervall gehörenden Eindrücke erregt wurden, und es könnte $\lambda$ höchstens nahe $=\frac{1}{2}l$ gewesen seyn; alsdann aber müſste gar bei der Löcherreihe mit abwechselnd 5° und 7° der zweite Ton wenigstens 6 Mal stärker seyn, als der erste, bei der mit 9° und 11° ungefähr 70 Mal, und bei der mit $9\frac{1}{2}$ und $10\frac{1}{2}$ etwa 300 Mal. Um die beobachteten Intensitäten mit der Ohm'schen Theorie in Einklang zu bringen, müſste man annehmen, daſs $\lambda$ etwa zwischen $\frac{7}{10}l$ und $\frac{8}{10}l$ betragen habe, eine Annahme, welche aus mehreren Gründen unzulässig erscheint. Ich unterlasse es, diese Betrachtung auf die Fälle aus-

zudehnen, wo an ternären Löchersystemen der Ton $\frac{3}{27}$ gehört wurde.

10) Ich habe mich bis hierher ganz an die unmittelbaren Ergebnisse von **Ohm's** Abhandlung gehalten, und nichts daran geändert, als ein Paar offenbare Rechnungs- oder vielmehr Schreibfehler. Diese Ergebnisse stehen, wie sich gezeigt hat, mit der Erfahrung in völligem Widerspruch. Ehe jedoch hieraus ein Schlufs gegen die von **Ohm** zum Grunde gelegte Annahme über das Wesen der Tonwellen gezogen wird, oder Hypothesen zur Beseitigung dieser Schwierigkeit versucht werden, ist zu untersuchen, ob nicht die aufgedeckten Widersprüche vielleicht nur auf der zu grofsen Verallgemeinerung beruhen, welche den theoretischen Resultaten gegeben ist, indem sie unter einer ganz bestimmten Voraussetzung von der Form der einzelnen Sirenenstöfse entwickelt sind. Zwar sagt **Ohm** (S. 522 Anm.), dafs die Untersuchung sich völlig allgemein mit dem gleichen Erfolge durchführen lasse; allein man darf sich durch diese Aeufserung und durch die wohl zu allgemeine Anwendung, welche jener Gelehrte von seinen Resultaten macht, nicht zu der Ansicht verleiten lassen, als gelange man — worauf es hier ankommt — bei jeder Form der Eindrücke zu denselben *Intensitätsbestimmungen.* Ich werde zunächst eine Art der Behandlung andeuten, durch welche man diefs prüfen kann, im engsten Anschlufs an **Ohm's** Theorie und mit Beibehaltung seiner Zeichen.

11) Zuerst leuchtet ein, dafs alle Ergebnisse wesentlich ungeändert bleiben, wenn man voraussetzt, es werde jeder Eindruck durch eine Summe solcher Halbwellen, wie **Ohm** deren eine einzige annimmt, gebildet von verschiedener Länge zwar, aber alle in ihrem Maximumpunkte zusammenfallend. Auch die Bestimmungen über die Stärke der Beitöne der Sirene bleiben in diesem Falle so weit gültig, dafs die Schwingungsweite für

den Ton $\frac{i}{2l}$ zwischen den Gränzen $\frac{4}{\pi l}\Sigma\alpha\lambda$ und $\frac{4}{\pi(4i^2-1)}\Sigma\alpha$ liegen mufs.

Nun denke man sich zwei gleiche und gleichgerichtete solche Halbwellen, die eine auf die Zeit $\theta-\tau$, die andere auf $\theta+\tau$ fallend, nämlich $\alpha\cos 2\pi\frac{t-(\theta-t)}{4\lambda}$ und $\alpha\cos 2\pi\frac{t-(\theta+\tau)}{4\lambda}$, so geben sie nach Ohm's Theorie, S. 526:

$$A_i=\frac{4\alpha\lambda l}{\pi(l^2-4\lambda^2 i^2)}\cos\pi\frac{\lambda i}{l}\left(\cos\pi\frac{\theta-\tau}{l}+\cos\pi\frac{\theta+\tau}{l}\right),$$

wofür man schreiben kann:

$$\frac{8\alpha\lambda l}{\pi(l^2-4\lambda^2 i^2)}\cos\pi\frac{\lambda i}{l}\cos\pi\frac{\tau i}{l}\cos\frac{\theta i}{l}$$

und eben so:

$$B_i=\frac{8\alpha\lambda l}{\pi(l^2-4\lambda^2 i^2)}\cos\pi\frac{\lambda i}{l}\cos\pi\frac{\tau i}{l}\sin\frac{\theta i}{l}.$$

Beide Eindrücke zusammen üben also in Beziehung auf den Ton $\frac{i}{2l}$ denselben Einflufs aus, wie ein einziger von der Form $\alpha_i\cos 2\pi\frac{t-\theta}{l}$ von $t=\theta-\lambda$ bis $\theta+\lambda$ genommen, wo $\alpha_i=\alpha\cos\pi\frac{\tau i}{l}$. Sie können also ersetzt werden durch einen einzigen Eindruck von der Ohm'schen Form, aber dieser ersetzende Eindruck ist *abhängig von i zu denken.*

Jetzt nehme man einen Eindruck von ganz beliebiger Form, nur sey derselbe symmetrisch in den zu beiden Seiten von $\theta$ gleich weit abstehenden Punkten, so kann derselbe dargestellt werden durch einen constanten Werth plus einer Summe von Gliedern von der Form:

$$\alpha\cos 2\pi\frac{t-\theta}{4\lambda},$$

welche aber nicht blofs von $t=\theta-\lambda$ bis $\theta+\lambda$, sondern über die ganze Dauer des Eindrucks erstreckt zu nehmen sind, so dafs jedes Glied nicht eine Halbwelle, sondern einen Wellenzug vorstellt. Theilt man nun einen solchen Wellenzug in lauter einzelne Halbwellen, so entspricht, bei der vorausgesetzten Symmetrie, jeder Halbwelle $a\cos 2\pi\frac{t-(\theta-\tau)}{4\lambda}$ eine andere $a\cos 2\pi\frac{t-(\theta+\tau)}{4\lambda}$ und es kann jedes solches Paar, nach dem so eben Bewiesenen, ersetzt worden durch eine einzige in $\theta$ wirkende Halbwelle, also auch alle zusammen, so dafs der ganze Wellenzug durch einen einzigen von der Ohm'schen Form ersetzt werden kann, nur dafs diese ersetzende Halbwelle mit verschiedener Stärke in Rechnung kommt, je nach dem Werthe von $i$. Da dasselbe von allen anderen Wellenzügen gilt, in welche der gegebene Eindruck zerlegt worden, so kann der letztere durch eine solche Summe von Halbwellen ersetzt werden, wie im Eingange dieses §. angenommen wurde, *wobei jedoch die Stärke dieser Halbwellen je nach dem Werthe von i verschieden zu denken ist.* — Nimmt man an, der Eindruck sey nicht symmetrisch, so kann er zunächst in zwei Eindrücke zerlegt werden, von denen der eine zwei symmetrisch gleiche, der andere zwei symmetrisch entgegengesetzte Hälften hat; der erste kann auf die so eben bezeichnete Weise behandelt werden, der letztere aber durch ein ähnliches Verfahren auf eine gleiche Form gebracht werden, nur dafs für $\theta$ der Werth $\frac{l}{2i}-\theta$ zu setzen ist. Diese beiden Bestándtheile des gesammten unsymmetrischen Eindrucks sind von ungleicher Stärke, und beider Stärke, oder vielmehr die ihrer einzelnen Componenten hängt von $i$ ab.

Der Zweck dieser Andeutungen ist, nur zu zeigen, dafs, wenn vorhin einige Widersprüche zwischen der Erfahrung und Ohm's Theorie aufgedeckt wurden, die-

selben doch eine Widerlegung der von ihm über die Form der Tonwellen gemachten Voraussetzung nicht begründen, dafs aber auch andererseits die Bestätigung, welche für jene Voraussetzung aus meinen Versuchen hervorzugehen schien, auf ein sehr viel kleineres Maafs zusammenschwinden dürfte. Wie es sich in der letzteren Beziehung verhält, soll in der folgenden Abtheilung untersucht werden.

## II.

12) Die Annahme, dafs die Wellen eines Tones, dessen Schwingungsmenge $m$ ist, von der Form $a\cos(mt+\theta)$ seyn müssen, und dafs der Werth von $a$, oder vielmehr von $\frac{a}{m}$ die Stärke des Tones bestimme, erscheint nach §. 11 in sofern wieder zulässig, als das Bisherige nichts enthält, was dieselbe widerlegte. Legen wir daher diese Annahme auf's Neue zum Grunde, und untersuchen wir in der vorliegenden Abhandlung, welche Folgerungen sich *unter dieser Voraussetzung* aus den Versuchen ziehen lassen, und wie weit diese Folgerungen unter sich übereinstimmen. Zu diesem Zwecke ist es nöthig der Theorie eine gröfsere Allgemeinheit zu geben, und das kann auf eine Weise geschehen, wodurch sie in der That noch einfacher wird, als bei der Beschränkung, unter welcher Ohm sie behandelt hat.

13) Gehen wir auf die Gleichung zurück, durch welche die in der Zeit $2l$ periodisch wiederkehrende Luftbewegung bei der einfachen Sirene vorgestellt werden kann, nämlich:

$$F(t)=A_0+A_1\cos\pi\frac{t}{l}+A_2\cos\pi\frac{2t}{l}+A_3\cos\pi\frac{3t}{l}+\ldots$$
$$+B_1\sin\pi\frac{t}{l}+B_2\sin\pi\frac{2t}{l}+B_3\sin\pi\frac{3t}{l}+\ldots$$

Wir können dieselbe unter die Form setzen:

$$F(t)=A_0+\alpha_1 \cos\pi\frac{t-\theta_1}{l}+\alpha_2 \cos\pi\frac{2t-\theta_2}{l}+\alpha_3 \cos\pi\frac{3t-\theta_3}{l}+\dots \quad (A)$$

wo $\alpha_1$ und $\theta_1$ aus $A_1$ und $B_1$, so wie $\alpha_2$ und $\theta_2$ aus $A_2$ und $B_2$ u. s. w. auf eine Weise bestimmt werden, die entweder aus meinen Bemerkungen über den Einklang (S. 434 der erwähnten Abhandl.) oder aus Ohm's Behandlung (S. 520 seines Aufsatzes) entnommen werden kann. Das Glied $A_0$ ist constant und giebt also keinen Ton; jedes der folgenden Glieder aber würde nach der gemachten Annahme einen Ton repräsentiren; die Schwingungsmenge dieser Töne ist der Reihe nach $\frac{1}{2l}, \frac{2}{2l}, \frac{3}{2l} \dots$, ihre Stärke wird durch die Werthe der Factoren $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \dots$ bestimmt, wobei auf das Vorzeichen derselben nichts ankommt; die Werthe von $\theta_1, \theta_2, \theta_3 \dots$ haben auf die Höhe und Stärke keinen Einfluſs [1]).

Werden nun auf einer zweiten Löcherreihe Eindrücke erzeugt, welche zwar von derselben Periode und Stärke sind, aber um $\frac{l}{n}$ später erfolgen, als die der ersten, so wird die durch sie erzeugte Bewegung vorgestellt durch $F\left(t+\frac{l}{n}\right)$, und man hat:

$$F\left(t+\frac{l}{n}\right)=A_0+\alpha_1 \cos\left[\pi\frac{t-\theta_1}{l}+\frac{\pi}{n}\right] +\alpha_2 \cos\left[\pi\frac{2t-\theta_2}{l}+\frac{2\pi}{n}\right]+\alpha_3 \cos\left[+\frac{2t-\theta_3}{l}+\frac{3\pi}{n}\right]+\dots \quad (B)$$

1) Es verdient erinnert zu werden, daſs alle $\theta$=Null gesetzt werden können, wenn die Zu- und Abnahme der Bewegung innerhalb jedes Eindrucks symmetrisch angenommen werden darf, was zwar wegen der rotirenden Bewegung der Scheibe nicht genau seyn kann, aber doch in ziemlicher Annäherung der Fall seyn mag.

Bildet man eben so $F\left(t-\frac{l}{n}\right)$, und addirt die entstehende Gleichung zu der vorigen, so erhält man durch eine leichte Verwandlung:

$$\left.\begin{aligned}F\left(t-\frac{l}{n}\right)+F\left(t+\frac{l}{n}\right)=2A_0+2\alpha_1 cos\frac{\pi}{n}\,cos\frac{t-\theta_1}{l}\\+2\alpha_2 cos\frac{2\pi}{n}cos\,\pi\frac{2t-\theta_2}{l}+2\alpha_3 cos\frac{3\pi}{n}cos\frac{3t-\theta_3}{l}+\ldots\end{aligned}\right\}\quad(C)$$

Diese Gleichungen reichen für die meisten der angestellten Versuche hin.

14) Vergleicht man die Gleichung ($A$) mit der Erfahrung, daſs neben dem Haupttone der Sirene dessen harmonische Oberreihe bemerkbar, doch äuſserst schwach mitklingt, so ist daraus, im Sinne der in §. 12 gemachten Voraussetzung, der Schluſs zu ziehen, daſs die Factoren $\alpha_2$, $\alpha_3$ ... zwar nicht Null, jedoch sehr viel kleiner sind, als $\alpha_1$, und es muſs auffallend erscheinen, daſs sie weder bei kleinen, noch bei groſsen Abständen der Löcher sich zu einem bedeutenderen Werthe erheben. Offenbar müſsten diese höheren Töne ganz verschwinden, wenn die einzelnen Eindrücke von der Form

$$A_0+\alpha_1 cos\,\pi\frac{t-\theta_1}{l}$$

wären. Gleichwohl darf hieraus nicht gefolgert werden, daſs, wo jene Töne äuſserst schwach werden, diese letztere Form angenähert stattfinden müsse; denn es ist denkbar, daſs in der Gleichung ($A'$) das erste Glied nach $A_0$ jedem der folgenden weit überlegen wäre, ohne darum auch die Summe oder Resultante dieser letzteren zu übertreffen.

15) Um den Fall darzustellen, wo zwei Löcherreihen von *einer* Seite her so angeblasen werden, daſs die Stöſse der einen mitten zwischen die der anderen fallen, und wo der fast allein gehörte Ton um eine Octave höher wird, als mit *einer* Löcherreihe, wo also dieser Ton

$\frac{2}{2l}$ ist, hat man in der Gleichung ($B$) $n=1$ zu setzen und sie zur Gleichung ($A$) zu addiren, diefs giebt:

$$F(t)+F(t+l)=2A_0+2\alpha_2 cos\,\pi\frac{2t-\theta_2}{l}+2\alpha_4 cos\,\pi\frac{4t-\theta_4}{l}$$
$$+2\alpha_6 cos\,\pi\frac{6t-\theta_6}{l}+\ldots.$$

Das erste veränderliche Glied drückt den Ton $\frac{2}{2l}$ aus, die folgenden dessen harmonische Oberreihe; da nun die letztere auch hier nur äufserst schwach mitklang, so folgt daraus, unter gemachter Annahme, dafs $\alpha_4$, $\alpha_6$, $\alpha_8$ ... wiederum sehr viel kleiner seyn müssen, als $\alpha_2$. Es tritt aber hier eine Erfahrung ein, welche mit der Folgerung des vorhergehenden §. nicht hinreichend übereinstimmt; da sich nämlich ergeben hatte, dafs $\alpha_2$ sehr viel kleiner als $\alpha_1$ ist, so müfste auch jetzt der Ton $\frac{2}{2l}$ nur schwach gehört werden, was nicht eben der Fall ist. Diefs wird besonders auffallend, wenn man erwägt, dafs $2F(t)$ diesen Ton eben so stark geben müfste, als $F(t)+F(t+l)$, d. h. eben so stark, wenn die beiderlei Eindrücke zusammenfallen, als wenn sie alterniren, nur mit dem Unterschiede, dafs im ersteren Falle noch der Ton $\frac{1}{2l}$ hinzutritt, welcher im letzteren wegfällt (eben so wie auch die Töne $\frac{3}{2l}$, $\frac{5}{2l}$..., was aber weniger in Betracht kommt). Obgleich ich nun die Intensitätsschätzungen durch das Gehör für sehr mangelhaft halte, so scheint mir doch der Ton $\frac{2}{2l}$ bei alternirenden Eindrücken von solcher Stärke zu seyn, im Vergleich zu dem Tone $\frac{1}{2l}$ bei zusammenfallenden Stöfsen, dafs er im letzteren Falle, wo er diesen tieferen Ton nur begleitet, nicht überhört wer-

werden könnte. Hierfür spricht auch der Umstand, dafs man mit einer einzigen Löcherreihe von doppelter Löcherzahl, die natürlich auch die obere Octave giebt, diesen Ton nicht eben sehr viel stärker hört, als mit den beiden abwechselnd angeblasenen Löcherreihen.

16) Werden zwei Löcherreihen eben so isochronisch abwechselnd, wie im vorhergehenden §., aber *entgegengesetzt* angeblasen, so ist nur $F(t+l)$ negativ zu nehmen, und man erhält:

$$F(t)-F(t+l)=2\alpha_1 \cos\pi\frac{t-\theta_1}{l}+2\alpha_3 \cos\pi\frac{3t-\theta_3}{l}$$
$$+2\alpha_5 \cos\pi\frac{5t-\theta_5}{l}+\ldots.$$

so dafs dieser Ton sich nicht nur durch gröfsere Stärke, sondern auch durch den Mangel der geraden Beitöne von dem der einfachen Löcherreihe unterscheiden müfste. In der That höre ich auch in diesem Falle neben dem Hauptton $\frac{1}{2l}$ den Beiton $\frac{3}{2l}$ am kenntlichsten, und etwas merklicher als bei *einer* Löcherreihe mitklingen, was vielleicht dem Wegfallen des Tones $\frac{2}{2l}$ zugeschrieben werden dürfte. Doch hat man auch hier Gelegenheit zu bemerken, dafs bei der einfachen Löcherreihe der Ton $\frac{2}{2l}$ sehr schwach gegen $\frac{1}{2l}$ seyn mufs, weil sonst sein Wegfall durch das Hinzunehmen der zweiten Reihe auffallender erscheinen müfste, als diefs in der That bemerkbar wird. Wenigstens fand ich diefs so bei Anwendung von zwei Löcherreihen, bei welchen die Abstände der Löcher ungefähr zehn Mal so grofs sind, als ihre Durchmesser.

17) Setzt man in der Gleichung $(C)$ $n=\frac{3}{2}$, so erhält man einen Fall, wo die Eindrücke der einen Reihe auf $\frac{1}{3}$ des Intervalls der andern Reihe fallen, oder, was dasselbe sagt, ein System von gleichen Stöfsen, deren

Zwischenräume abwechselnd $\tfrac{2}{3}l$ und $\tfrac{4}{3}l$ betragen. Es ist aber:

$$F(t-\tfrac{2}{3}l)+F(t+\tfrac{2}{3}l)=2A_0-\alpha_1\cos\pi\frac{t-\theta_1}{l}-\alpha_2\cos\pi\frac{2t-\theta_2}{l}$$

$$+2\alpha_3\cos\pi\frac{3t-\theta_3}{l}-\alpha_4\cos\pi\frac{4t-\theta_4}{l}-\alpha_5\cos\pi\frac{5t-\theta_5}{l}$$

$$+2\alpha_6\cos\pi\frac{6t-\theta_6}{l}+\ldots$$

Hier bekommt also der Ton $\frac{3}{2l}$ und seine harmonische Oberreihe eine doppelt so große Schwingungsweite oder vier Mal so große Stärke, als mit *einer* Löcherreihe, dagegen die übrigen Töne nur eben dieselbe Stärke. In der That hört man auch in diesem Falle nächst dem Haupttone $\frac{1}{2l}$ dessen Duodecime $\frac{3}{2l}$ recht merklich mitklingen.

18) Addirt man zu der letzten Gleichung noch die Gleichung ($A$) hinzu, so erhält man den Fall, wo drei Löcherreihen von *einer* Seite her so angeblasen werden, daſs sie das Intervall $2l$ in drei gleiche Theile theilen; es ist bereits in meiner früheren Abhandlung gezeigt, daſs man in diesem Falle die Duodecime, d. i. $\frac{3}{2l}$ hört, eben so, als wenn eine einzige Reihe von drei Mal so viel Löchern angeblasen würde. In der That hat man auch:

$$F(t-\tfrac{2}{3}l)+F(t)+F(t+\tfrac{2}{3}l)=3A_0+3\alpha_3\cos\pi\frac{3t-\theta_3}{l}$$

$$+3\alpha_6\cos\pi\frac{6t-\theta_6}{l}+3\alpha_9\cos\pi\frac{9t-\theta_9}{l}+\ldots$$

Da man in diesem Falle wieder den Ton $\frac{3}{2l}$ fast ohne höhere Beitöne hört, so folgt, daſs $\alpha_6$, $\alpha_9$ ... sehr viel kleiner seyn müssen, als $\alpha_3$. Es tritt aber auch hier, ähnlich wie in §. 15, die Erfahrung ein, daſs bei diesem Versuche der Ton $\frac{3}{2l}$ stark gehört wird, stärker als man

nach dem geringen Werthe. den $\alpha_3$ nach §. 14 haben mufs, zu erwarten hätte. Auch hier müfste dieser Ton eben so stark, und nur von seiner Unter-Duodecime begleitet gehört werden, wenn man $3F(t)$ nimmt, d. h. die Luftstöfse aller drei Löcherreihen zusammenfallen läfst. Der Versuch aber zeigt, dafs man ihn im ersteren Falle sehr stark und deutlich hört, entschieden stärker als im letzteren Falle, wo man ihn kaum bemerkt, obgleich der hinzutretende tiefere Ton gar nicht etwa eine solche Stärke besitzt, dafs dadurch der höhere überhört werden könnte. Diese Erfahrung stellt sich also ebenfalls der in dieser Abtheilung (§. 12) zum Grunde gelegten Voraussetzung entgegen.

19) Um auf einige andere Versuche überzugehen, welche mit dem des §. 17 Aehnlichkeit haben, mufs ich eine Unterscheidung hervorheben. Eine Folge von Eindrücken, die in abwechselnd gröfseren und kleineren Abständen auf einander folgen, läfst sich auf verschiedene Weise hervorbringen, namentlich:

1) durch eine Sirene mit ungleich abstehenden Löchern, welche mit *einer* Röhre angeblasen werden (Vergl. S. 421 meiner mehrerwähnten Abhandlung);
2) durch *eine* Reihe gleichabstehender Löcher, aber angeblasen mit zwei Röhren, welche so gestellt sind, dafs die Stöfse aus der einen Röhre in der beabsichtigten Weise zwischen die der andern fallen;
3) durch zwei Reihen gleichabstehender Löcher, deren jede mit *einer* Röhre angeblasen wird.

Das Entsprechende gilt auch von der Hervorbringung einer Folge von isochronen Eindrücken. — Der dritte Fall nun ist sowohl in Ohm's Theorie, als bei der jetzt von mir gegebenen Darstellung vorausgesetzt; der erste Fall aber ist bei den unter II. meiner früheren Abhandlung beschriebenen Versuchen hauptsächlich angewendet worden, weil er die meiste Genauigkeit in der Ausführung zuläfst. Inzwischen ist es nicht nur durch

die in §. 3 gemachten Bemerkungen wahrscheinlich gemacht, dafs alle drei Versuchsarten ziemlich dasselbe geben, wenn wenigstens die Löcherabstände viel gröfser sind, als ihre Durchmesser, sondern es ist auch diese Ansicht durch meine Versuche vielfältig bestätigt [1]).

20) In so weit nun die Voraussetzung zulässig ist, dafs die dritte Versuchsart durch die erste ersetzt werden darf, kann die Gleichung ($C$) auch auf die Versuche angewendet werden, wo eine Löcherreihe mit abwechselnd gröfseren und kleineren Abständen durch *eine* Röhre angeblasen wurde. Die Beobachtungen mit Löcherreihen von abwechselnd 5° und 7° Abstand, von 9° und 11°, so wie von $9\frac{1}{2}$ und $10\frac{1}{2}$ Grad, geben dann zu einer ähnlichen Berechnung Anlafs, wie jene, welche von Ohm versucht und von mir in §. 9 besprochen worden ist. Ehe ich diese Berechnung, die jetzt zu einem sehr verschiedenen Resultate führt, anstelle, mufs ich bevorworten, dafs die hier in Betracht kommenden Intensitätsangaben nur eine bedingte Gültigkeit haben; denn nicht nur besitzt unser Ohr über Tonstärke wohl ein eben so unvollkommenes Urtheil, als unser Auge über Lichtstärke, sondern die Resultate werden auch wahrscheinlich von dem Verhältnifs, in welchem die Durchmesser der Röhren und Löcher zu dem Abstande der letzteren stehen,

1) Diefs ist unter vielen andern Beispielen sehr auffallend bei der Interferenz eines Tones mit seiner Octave; denn wenn die Eindrücke des tieferen Tones durch die eine Hälfte der Eindrücke des höheren ganz oder fast ganz aufgehoben werden können, so müssen die einzelnen Eindrücke der einen Löcherreihe denen der andern ganz oder beinahe gleich seyn, obgleich zu jenen der doppelte Abstand als zu diesen gehört. In diesem Sinne hatte ich jenen Versuch früher (a. a. O. S. 420) dargestellt, und es scheint mir Ohm's Erklärung desselben (S. 554 seiner Abhandlung) davon durchaus nicht verschieden, obgleich diefs mit seiner — bereits widerlegten — Ansicht, dafs bei meinen Versuchen $\lambda = l$ zu setzen sey, im Widerspruch steht. Dafs dieser Gelehrte auch bei den Erscheinungen des gestörten Isochronismus das dritte Verfahren dem ersten substituirt hat, ist bereits in §. 9 in Betracht gezogen worden.

mehr oder weniger abhängig seyn. Dennoch können in Ermanglung genauerer Data folgende Angaben zum Grunde gelegt werden. Von den beiden, um eine Octave unterschiedenen Tönen, welche bei diesen Versuchen gehört werden, ist:

*a*) bei der Reihe mit 5° und 7° der tiefere sehr viel stärker als der höhere;

*b*) bei der Reihe mit $9\frac{1}{2}$ und $10\frac{1}{2}$ tritt der höhere stärker hervor, als der tiefere;

*c*) bei der Reihe mit 9° und 11° halte ich den tieferen für etwas stärker, als den höheren.

Der Durchmesser der Löcher betrug in allen drei Fällen gegen 2 Grad; die Abstände sind von der Mitte des einen Lochs bis zu der des nächsten gerechnet.

Setzt man nun, um den ersten dieser drei Fälle zu berechnen, $n=\frac{12}{5}$, so giebt die Gleichung (*C*):

$$2A_0+2\alpha_1 \cos 75^\circ \cos\frac{t-\theta_1}{l}-2a_2 \cos 30^\circ \cos\pi\frac{2t-\theta_2}{l}$$

$$-2\alpha_3 \cos 45^\circ \cos\pi\frac{3t-\theta_3}{l}+2\alpha_4 \cos 60^\circ \cos\pi\frac{4t-\theta_4}{l}$$

$$+2\alpha_5 \cos 15^\circ \cos\pi\frac{5t-\theta_5}{l}-2\alpha_7 \cos 15^\circ \cos\pi\frac{7t-\theta_7}{l}+\ldots$$

Wendet man die Erfahrung *a*) auf das zweite und dritte Glied dieser Reihe an, so ergiebt sich, dafs $\alpha_1 \cos 75^\circ$ viel gröfser seyn mufs, als $2\alpha_2 \cos 30^\circ$, oder $\alpha_1$ beträchtlich gröfser als $7\alpha_2$. Dafs in diesem Falle die Töne $\frac{3}{2l}$, $\frac{5}{2l}$, $\frac{7}{2l}$ nicht stärker hervortreten, scheint zu beweisen, dafs die Werthe $\alpha_3$, $\alpha_5$, $\alpha_7$ nicht nur gegen $\alpha_1$, sondern auch gegen $\alpha_2$ nur sehr klein sind; doch darf nicht unberücksichtigt bleiben, dafs gerade bei diesem Versuche die Abstände der Löcher im Vergleich gegen deren Durchmesser wohl nicht grofs genug waren, um die im vorigen §. erwähnte dritte Versuchsart der ersten mit hinreichender Annäherung zu substituiren.

Um die Gleichung ($C$) auf den Versuch $b$) anzuwenden, setze man $n = \frac{40}{19}$; diefs giebt:

$$2A_0 + 2\alpha_1 \cos 85^\circ{,}5 \cos\pi \frac{t-\theta_1}{l} - 2\alpha_2 \cos 9^\circ \cos\pi \frac{2t-\theta_2}{l} + \ldots$$

Hieraus ergiebt sich in Verbindung mit der Erfahrung $b$) dafs $\alpha_2 \cos 9^\circ$ beträchtlich gröfser, als $\frac{1}{2}\alpha_1 \cos 85^\circ{,}5$ oder $\alpha_1 < 25\alpha_2$ seyn mufs. — Setzt man endlich, um den Versuch $c$) darzustellen, $n = \frac{20}{9}$, so erhält man:

$$2A_0 + 2\alpha_1 \cos 81^\circ \cos\pi \frac{t-\theta_1}{l} - 2\alpha_2 \cos 18^\circ \cos\pi \frac{2t-\theta_2}{l} + \ldots$$

und hieraus $\alpha_1 \cos 81^\circ$ wenigstens nicht kleiner als $2\alpha_2 \cos 18^\circ$, oder $\alpha_1$ nicht kleiner als $12\alpha_2$.

21) Eben so können auch die Fälle behandelt werden, wo von den beiderlei Abständen der eine ein aliquoter Theil von dem andern ist, und wo der dem ersteren entsprechende Ton neben dem ihrer Summe entsprechenden gehört wurde. Setzt man in der Gleichung ($C$) z. B. $\frac{1}{n} = \frac{1}{4}$ oder $\frac{3}{4}$, so erhält man den Fall, wo die Abstände $\frac{1}{2}l$, $\frac{3}{2}l$, $\frac{1}{2}l$, $\frac{3}{2}l$ .... sind. Es ist aber:

$$F(t-\tfrac{1}{4}l) + F(t+\tfrac{1}{4}l) = 2A_0 + 2\alpha_1 \cos\frac{\pi}{4} \cos\pi \frac{t-\theta_1}{l}$$

$$-2\alpha_3 \cos\frac{\pi}{4} \cos\pi \frac{3t-\theta_3}{l} - 2\alpha_4 \cos\pi \frac{t-\theta_4}{l} - \ldots.$$

Da $\cos\frac{\pi}{4} = \sqrt{\frac{1}{2}}$ ist, so wird, wenn man die Stärke der Töne dem Quadrat ihrer Schwingungsweite proportional annimmt, der erste Ton, und so auch die übrigen ungeraden zwei Mal, der vierte aber und seine harmonischen Obertöne vier Mal so stark, als mit einer einfachen Löcherreihe $F(t)$ allein, während die übrigen geraden Töne $\frac{2}{2l}$, $\frac{6}{2l}$, $\frac{10}{2l}$ ... ganz verschwinden. Man hat also zu erwarten, dafs in diesem Falle nächst dem Hauptone $\frac{1}{2l}$ noch der Ton $\frac{4}{2l}$ bemerkbar hervortreten

werde. Eben so der Ton $\frac{5}{2l}$, wenn man $n=5$ setzt, d. h. wenn die Abstände abwechselnd $\frac{2}{5}l$ und $\frac{8}{5}l$ sind. Diese beiden Fälle finden in der That Bestätigung in ein Paar Beobachtungen, welche ich a. a. O. S. 424 angeführt habe, nämlich in dem Versuche, wo die Abstände abwechselnd 3° und 9° betrugen, und in dem, wo sie 4° und 16° waren, obgleich auch hier der kleinere Zwischenraum wohl nicht grofs genug ist, um die Gleichung ($C$) mit grofser Annäherung auf diese Fälle anzuwenden.

22) Auch das Bemerkbarwerden des Tones, welcher dem gemeinsamen Maafse der beiderlei Abstände entspricht, ergiebt sich aus der Gleichung ($C$); denn setzt man $n=\frac{i}{k}$, wo $i$ und $k$ relative Primzahlen sind, so wird $\cos\frac{i\pi}{n}=\pm 1$, und die zur Periode $\cos\pi\frac{il-\theta_1}{l}$ gehörende Schwingungsweite erhält den gröfsten Werth, den sie bei zwei gegebenen Löcherreihen annehmen kann; eben so auch das $(2i)^{\text{te}}$, $(3i)^{\text{te}}$ . . . Glied der Cosinusreihe, während diefs mit den übrigen Gliedern nicht der Fall ist.

23) Die Versuche, wo immer auf zwei gleiche Abstände ein ungleicher folgt, lassen sich darstellen, indem man die Gleichungen ($A$) und ($C$) addirt. Dafs hierbei stets der den gleichen Abständen entsprechende Ton gehört wurde, ist, wie auch Ohm fand, nicht der Theorie gemäfs; es wird aber, wie ich bereits in meinem früheren Aufsatze bemerkt habe, auf die Savart'sche Beobachtung, dafs schon zwei Eindrücke durch ihren Zwischenraum einen Ton bestimmen, zurückzuführen seyn, eine Ansicht, welcher sich auch Ohm anschliefst. — Um diese Betrachtungen nicht zu sehr auszudehnen, übergehe ich die, wenn auch nicht schwierige, doch minder einfache Theorie der wenigen noch übrigen Versuche, von welchen mein früherer Aufsatz Nachricht giebt.

24) Man sieht aus den in dieser Abtheilung angestellten Vergleichungen, daſs zwar die meisten der Erfahrungsresultate, zu welchen ich früher gelangt war, sich mit der nach §. 12 zum Grunde gelegten Annahme über die Natur des einfachen Tones in Einklang bringen lassen, so daſs sie der Richtigkeit dieser Annahme wenigstens nicht entgegenstehen; allein dieſs ist doch nicht mit allen der Fall. Namentlich zeigt sich für die in §. 15 und 18 behandelten Fälle eine solche Uebereinstimmung nicht. Die Töne $\frac{2}{2l}$ und $\frac{3}{2l}$ werden, wenn die zwei oder drei Systeme von Eindrücken das Intervall $2l$ in zwei oder drei gleiche Theile theilen, entschieden stärker gehört, als dieſs nach den übrigen Beobachtungen der Fall seyn sollte, und namentlich stärker, als wenn die zwei- oder dreierlei Eindrücke zusammenfallen [1]). Obgleich nun in dem letzteren Falle der Ton $\frac{1}{2l}$ hinzutritt, und dadurch den andern weniger auffallend erscheinen lassen dürfte, und obgleich ich nicht verkenne, daſs das Ohr ein schwaches Mitklingen des höheren Tones um so leichter überhören könnte, da es durch Blase- und Saiteninstrumente an ein solches Mitklingen gewöhnt seyn mag, so halte ich dennoch die genannten Versuche für entscheidend genug, um mich gegen die in §. 12 bezeichnete Voraussetzung zu erklären.

III.

25) Ich ziehe aus den zuletzt berührten Erfahrungen den Schluſs, *daſs die Stärke der Töne* $\frac{1}{2l}$, $\frac{2}{2l}$,

1) Diese Erfahrung tritt also dem von Ohm, S. 557, aufgestellten Satze entgegen, welcher zu den Resultaten seiner Theorie gehört, die nicht an die von ihm gewählte beschränkte Form der einzelnen Eindrücke geknüpft ist, sondern bei der Annahme seiner Definition eines Tones allgemein gültig bleibt, wie auch die einzelnen Eindrücke beschaffen seyn mögen.

$\frac{3}{2l}$ .... *nicht blofs von der Gröfse der bezüglichen Factoren* $\alpha_1$, $\alpha_2$, $\alpha_3$ .... *abhängig ist*; da aber weder $A_0$, noch die Werthe der $\theta$, noch das Vorzeichen der $\alpha$ hieran einen Antheil haben können, so glaube ich annehmen zu müssen, *dafs jeder dieser Töne nicht blofs durch das eine seiner Periode entsprechende Glied gebildet wird.* Um diefs näher zu begründen, diene die folgende Darstellung.

26) Man bezeichne durch $f(t)$ eine Anzahl Glieder der Gleichung $(A)$, nämlich die Glieder vom $s^{ten}$ an, so dafs:

$$f(t)=\alpha_s \cos\pi\frac{st-\theta_s}{l}+\alpha_{s+1}\cos\pi\frac{(s-1)t-\theta_{s+1}}{l}$$
$$+\alpha_{s+2}\cos\pi\frac{(s+2)t-\theta_{s+2}}{l}+\dots \quad (a)$$

und denke sich zunächst, die durch $f(t)$ vorgestellte Bewegung werde unabhängig von den vorausgehenden Gliedern der Gleichung $(A)$ hervorgebracht. Es ist sehr wohl denkbar, dafs von den Gliedern der Gleichung $(a)$ *einzeln* keines eine merkbare Wirkung auf das Gehörorgan hervorzubringen vermag, während sie doch *zusammengenommen* stark genug sind, um eine solche zu erzeugen. Wenn namentlich unter $s$ eine hinreichend grofse Zahl gedacht wird, so können die Töne $\frac{s}{2l}$, $\frac{s+1}{2l}$, $\frac{s+2}{2l}$ .... unmerkbar bleiben, theils weil sie bereits die Gränze der Hörbarkeit nach der Höhe übersteigen können, theils auch wohl weil das Ohr unter den vielen einander nahe liegenden Tönen keinen einzelnen zu unterscheiden vermag, indem zugleich die einzelnen $\alpha$ äufserst klein gedacht werden können. Dessen ungeachtet können diese Glieder als Gesammtwirkung eine beträchtliche Bewegung hervorbringen, und es ist nicht wahrscheinlich, dafs diese ganz ohne Wirkung auf das Gehör

bleibe. Da aber, wie man sogleich sieht, $f(t)$ periodisch denselben Werth wieder annimmt, so oft $t$ um $2l$ vermehrt wird, so hat $f(t)$ dieselbe Länge der Periode, wie oben das Glied $\alpha_1 \cos \pi \frac{t-\theta_1}{l}$, das den Ton $\frac{1}{2l}$ gab. Es läſst sich daher vermuthen, daſs $f(t)$ denselben Ton $\frac{1}{2l}$ erzeugt, nur wahrscheinlich mit einer Verschiedenheit im Klange. In unserer bisherigen Kenntniſs von dem Wesen des Tones liegt Nichts, was dieser Vermuthung entgegenstände (vergl. §. 6), und ich halte diese Annahme für wenigstens eben so zulässig als die entgegengesetzte, welche sowohl Ohm's Berechnungen, als den von mir unter II. geführten überall zum Grunde liegt, und nach welcher $f(t)$ gar keinen Ton würde erkennen lassen. Wenn aber jene Annahme für den Fall richtig ist, daſs die Glieder der Gleichung ($a$) einzeln nicht hörbar sind, so läſst sich dasselbe allgemeiner auch dann vermuthen, wenn das letztere nicht der Fall ist, wenn also $s$ so klein und die $\alpha$ so groſs sind, daſs wenigstens die ersteren Glieder der Gleichung ($a$) auch *einzeln* hörbar sind und die Töne $\frac{s}{2l}, \frac{s+1}{2l} \ldots$ erkennen lassen. Man mag sich, wenn man will, den durch $f(t)$ erzeugten Ton $\frac{1}{2l}$ als Combinationston der (vielleicht einzeln unhörbaren) Töne $\frac{s}{2l}, \frac{s+1}{2l}, \frac{s+2}{2l} \ldots$ denken [1]); man wird jedoch wohl nicht weit entfernt

1) Wenn man nämlich solche Schwingungen, welche zu schnell sind, um einzeln, wenigstens bei ihrer geringen Stärke, dem Ohre irgend bemerkbar zu werden, überhaupt noch Töne nennen will, so hätte man sie als unhörbare Töne zu betrachten, und könnte den durch $f(t)$ erzeugten Ton als *hörbaren* Combinationston *unhörbarer* Obertöne ansehen, sobald die Glieder von $f(t)$ einzeln jene Beschaffenheit haben. Es ist mir jedoch um die Benennungen nicht zu thun,

seyn von der Vorstellung ziemlich isolirter Eindrücke in dem in §. 3 erörterten Sinne, wenigstens dann wenn $\theta_s$, $\theta_{s+1}$, $\theta_{s+2}$ .... nahe = Null gesetzt werden dürfen, wie oben in der Anmerkung zu §. 13 bemerklich gemacht ist, ein Umstand, welcher gerade für das hier betrachtete Verhältnifs recht wesentlich seyn mag. — Gehen wir nunmehr von der in diesem §. aufgestellten Ansicht aus, und untersuchen, wie sich dieselbe an den bereits mehrfach erwähnten Beobachtungen bewährt.

27) Wenn auf einer einfachen Sirene mit gleichabstehenden Löchern der Ton $\frac{1}{2l}$ so sehr viel stärker gehört wird, als alle seine Beitöne, so braucht diefs nicht daher zu rühren, dafs in der Gleichung ($A$) $\alpha_1$ sehr viel gröfser ist, als $\alpha_2$, $\alpha_3$, $\alpha_4$ ...., sondern jener Ton mufs eine überwiegende Stärke dadurch erlangen, dafs alle folgenden Glieder, indem sie in ihrer Gesammtheit dieselbe Periode wie das zu $\alpha_1$ gehörende Glied geben, ebenfalls zur Erzeugung desselben mitwirken. Es wäre sogar denkbar, dafs die durch die ersten Glieder der Gleichung ($A$) vorgestellte Bewegung nur sehr schwach oder unendlich klein sey, im Vergleich zu der durch $f(t)$ bezeichneten; ich will das Letztere bei den in Rede stehenden Versuchen nicht eben als wahrscheinlich bezeichnen, und es scheint daher angemessen den auf $\alpha_1 \cos \pi \frac{t-\theta_1}{l}$ folgenden Gliedern der Gleichung ($A$) zunächst nur eine *wesentliche Mitwirkung* an der Erzeugung des Tones $\frac{1}{2l}$ zuzuschreiben.

28) Jetzt denke man sich, wie in §. 15, eine zweite gleiche Löcherreihe so angeblasen, dafs ihre Eindrücke mitten zwischen die der ersteren fallen, so ist $f(t+l)$

ich wünschte nur durch das Obige zu zeigen, dafs diese Erörterungen auch wohl den einfachen Ton, d. h. den, in dessen Begleitung keine Beitöne gehört werden, betreffen.

ten auf eine ziemlich entscheidende Probe zu stellen, welche ich auszuführen nicht unterlassen habe. Ich nahm eine Scheibe mit zwei Reihen Löcher, deren Abstände 20 Grad, und deren Durchmesser nahe 2 Grad betragen, und richtete gegen dieselbe drei Röhren, zwei von der einen Seite her gegen *eine* Reihe so gerichtet, dafs sie um den Löcherabstand von einander entfernt waren, also ihre Stöfse zusammenfielen, die dritte entgegengesetzt, und so, dafs ihre Stöfse mitten zwischen die der ersten oder die der zweiten fielen. Ich verglich nun den Ton, wenn ich 1) eine der Röhren allein anblies, was natürlich in allen drei Fällen das Nämliche giebt, und zwar, bei sorgfältiger Aufstellung, in gleicher (nicht merklich verschiedener) Stärke; 2) wenn ich die beiden ersten Röhren zusammen anblies; 3) wenn ich die dritte mit einer der beiden ersten zugleich blies, wie in §. 16. Diefs giebt also im ersten Falle:

$$F(t)=A_0+\alpha_1 \cos\pi\frac{t-\theta_1}{l}+\alpha_2 \cos\pi\frac{2t-\theta_2}{l}+\alpha_3 \cos\pi\frac{3t-\theta_3}{l}+\dots$$

im zweiten:

$$F(t)+F(t+2l)=2A_0+2\alpha_1 \cos\pi\frac{t-\theta_1}{l}+2\alpha_2 \cos\pi\frac{t-\theta_2}{l}+2\alpha_3 \cos\pi\frac{3t-\theta_3}{l}+\dots$$

im dritten:

$$F(t)-F(t+l)=2\alpha_1 \cos\pi\frac{t-\theta_1}{l}+2\alpha_3 \cos\pi\frac{3t-\theta_3}{l}+\dots$$

Würde nun der Ton $\frac{1}{2l}$ einzig durch das Glied

$$\alpha_1 \cos\pi\frac{t-\theta_1}{l}$$

gebildet, so müfste er im zweiten und dritten Falle in gleicher Stärke erscheinen, dagegen im ersten bei halber Schwingungsweite vier Mal schwächer. Diefs findet aber keineswegs statt, vielmehr hörte ich ihn im dritten Falle

nur unbedeutend stärker als im ersten, und sehr auffallend schwächer als im zweiten. Der Unterschied zwischen dem zweiten und dritten Falle ist bedeutend, und kann nicht wohl dem Hinzutreten oder Wegfallen der Octave $\frac{2}{2l}$ als solcher zugeschrieben werden, weil sonst dieser Ton sich dem Gehöre viel bemerklicher machen müſste, wenn man den zweiten oder ersten Fall mit dem dritten abwechseln läſst. Da nun das constante Glied $A_0$ für den Ton gar nicht in Betracht kommt, so kann die verhältniſsmäſsig geringe Stärke des Tones $\frac{1}{2l}$ im dritten Falle nur daher kommen, daſs das 2te, 4te, 6te... veränderliche Glied weggefallen sind, und es scheint mir daraus mit Bestimmtheit hervorzugehen, daſs überhaupt an der Erzeugung des Tones $\frac{1}{2l}$ nächst dem ersten Gliede der Cosinusreihe auch die folgenden Glieder dieser Reihe einen wesentlichen Antheil haben.

32) Da der Sireneton, wie bemerkt worden, nicht ganz einfach, sondern von Beitönen noch eben merklich begleitet ist, so folgt hieraus — um nicht zu viel zu sagen — allerdings nur, daſs ein Ton wenigstens durch *hörbare* Obertöne verstärkt werden kann. Ist dieſs aber der Fall, so scheint mir in Verbindung mit den Bemerkungen des §. 26 die Vermuthung sehr nahe zu liegen, daſs das Gleiche auch auf einen Ton, der gar keine Beitöne erkennen läſst, Anwendung finden kann, daſs also der einfache Ton $m$ nicht nothwendig von der Form $a\cos(mt+\theta)$ seyn muſs, sondern auſserdem noch eine Anzahl Glieder von der Form $a_s\cos 2\pi(smt+\theta_s)$ enthalten kann, wenn $s$ sehr groſs und $a_s$ sehr klein ist. Ja es ist sogar die Vermuthung nicht ausgeschlossen, daſs diese letzteren Glieder zusammengenommen allein den Ton $m$ erzeugen können, wenn auch gar kein Glied von der Form $a\cos 2\pi(mt+\theta)$ vorhanden ist.

33) Ich will hier noch eine Betrachtung nicht unberührt lassen. Man hat vielleicht Grund zu vermuthen, dafs ein Unterschied zu machen sey zwischen der *objectiven* Wellenbewegung, nämlich der der Lufttheile, und der *subjectiven*, d. h. der der Gehörswerkzeuge, und könnte vermuthen, dafs der Antheil, welchen das 2te, 3te, 4te.... Glied der Cosinusreihe an der Erzeugung des Tones $\frac{1}{2l}$ hat, darin liegen möge, dafs sie im Gehörorgan eine Bewegung von der Form des ersten Gliedes erzeugen. Da wir keinen Grund haben, vorauszusetzen, dafs die Bewegung der Lufttheile ganz ohne Veränderung der Wellenform an das Trommelfell, und von da bis zu den Gehörnerven übertragen werde, so bin ich der Ansicht nicht abgeneigt, dafs z. B. ein System von Eindrücken von der Form $f(t)$, wo also $\alpha_1 =$ Null ist, dennoch im Gehörorgan eine Bewegung erzeugen könne, wo $\alpha_1$ einen bestimmten Werth erhält. Allein immer dürfte, auch subjectiv genommen, das Glied $\alpha_1 \cos \pi \frac{t-\theta_1}{l}$ nicht allein die Empfindung des Tones $\frac{1}{2l}$ begründen, denn es scheint mir unabweislich, dafs die übrigen Glieder der Cosinusreihe die Verschiedenheiten des *Klanges* bedingen müssen, und ich halte es für sehr glaublich, dafs gerade hieran auch diejenigen Glieder einen Antheil haben können, welche *einzeln* nicht vernehmbar seyn würden, und nur in ihrer Gesammtheit, durch die ihnen gemeinsame Periode $2l$ einen hinlänglichen Eindruck auf das Gehörorgan ausüben.

34) Ich unterlasse es diese Betrachtungen, an welche sich noch Manches anknüpfen liefse, für jetzt weiter auszudehnen. Das Ergebnifs der unter I., II. und III. geführten Untersuchung kann auf folgende Weise gefafst werden:

I. Unter den beschränkenden Voraussetzungen, wel-

che **Ohm** in Betreff der Sirenestöfse der Einfachheit wegen angenommen hat, gelangt man zu Resultaten, welche durch die Erfahrung nicht bestätigt werden, und man mufs wenigstens von dieser Seite her die Theorie allgemeiner behandeln.

II. Vollzieht man diese Verallgemeinerung, hält aber dabei noch die Annahme fest, dafs ein Ton von der Schwingungsmenge $m$ ausschliefslich gebildet werde durch eine Bewegung von der Form $a \cos 2\pi(mt+\theta)$, so kann diese Voraussetzung mit mehreren Resultaten der Sirene-Versuche in Einklang gebracht werden, steht jedoch mit einigen anderen Erfahrungen (§§. 15. 18. 31.), so viel ich habe bemerken können, nicht in Uebereinstimmung.

III. Die Annahme, dafs an der Erzeugung jenes Tones auch die übrigen Glieder von der Form

$$a \cos 2\pi(imt+\theta_i),$$

vermöge der ihnen gemeinsamen Periode $\frac{1}{m}$ einen Antheil haben, läfst sich nicht nur mit den ersteren Beobachtungen ebenfalls in Uebereinstimmung setzen, sondern erklärt auch auf eine einfache Weise die Erfahrungen, welche der in II. versuchten Voraussetzung entgegenstehen. Die Erfahrung spricht also für die in III. gemachte Annahme.

Da mir die hier behandelte Frage in verschiedenem Betracht von Wichtigkeit zu seyn scheint, so kann ich nur wünschen, es mögen Andere, und namentlich der scharfsinnige Physiker, durch dessen höchst schätzbare Arbeit der vorstehende Aufsatz veranlafst ist, dieselbe mit Berücksichtigung meiner Bemerkungen ferner prüfen, da die Erledigung derselben ohne Zweifel durch mehrseitige Beleuchtung nur gewinnen kann. Es läfst die Annahme, welche sich mir als die wahrscheinlichste herausgestellt hat, der ferneren Untersuchung noch ein weites Feld in Beziehung auf die Gröfse und die Beschaffenheit des Antheils, welchen die höheren Glieder der Cosinusreihe an der Erzeugung des dem ersten Gliede entsprechenden Tones haben. In einem längst entworfenen Aufsatze über das Mittönen, welchen ich nächstens zu liefern hoffe, werde ich denselben Gegenstand von einer anderen Seite her zu berühren haben.

---

## II. *Nachtrag zu dem in diesen Annalen, Bd. LVIII S. 100 —, enthaltenen Aufsatze: Ueber den Einflufs der Flaschenform auf die Tonhöhe der darin tönenden Luft, mit Beziehung auf die Menschenstimme; von Dr. Karl Friedr. Sal. Liskovius in Leipzig.*

Um jene Untersuchung weiter zu verfolgen, wählte ich eine Weinflasche mit cylindrischem Bauche, flachem Boden und sehr flach gewölbter Decke des Bauches, weil diese Form vorzüglich mefsbar ist, und überhaupt am besten zu den folgenden Versuchen sich eignet.

Länge des Bauchs (den Boden abgerechnet) 5 Zoll 6 Linien Par. Maafs, Länge des Halses 5 Z. 3 L., Breite des Bauchs (die Seitenwandung abgerechnet) 3 Z., Breite des Halses unten 1 Z. 6 L., oben 10 L., Capacität der ganzen Flasche 41⅔ Kubikzoll, Tonhöhe, wenn die (leere) Flasche oben querüber angeblasen wird, grofs *A*.

Ich verengerte den Bauch der Flasche durch Einsenken von Holzstäbchen, 5 Z. lang, so, dafs sie sich an die Wand des Bauches anlegen konnten und die Mitte des Kanals frei liefsen. Auch wurde zu demselben Behufe die Flasche liegend angeblasen. Je mehr solcher Holzstäbchen, desto schwächer der Ton. War der Bauch bis etwa zu einem Drittel der Breite davon angefüllt, so sprach die Pfeife gar nicht mehr an. Die Tonhöhe aber wurde durch diese Verengerung nicht verändert.

Es entstand die Frage: Wurde die verdrängte Luft etwa durch das elastische und bekanntlich sehr tonfähige Holz hierin ersetzt, und auf diese Art der Ton auf gleicher Höhe erhalten? Anstatt des Holzes nahm ich daher Pappstreifen, ihrer geringen Elasticität wegen. Der Erfolg war derselbe.

Also ganz, wie bei jenen Labialpfeifen Bd. LVIII, VIII.

Noch war übrig, anstatt jener festen Körper Wasser einzufüllen. Dann aber fiel das Ergebnifs anders aus; dann trat Tonerhöhung ein, und zwar gleichviel, ob die Flasche lag, und also das Wasser eine Seite einnahm, oder ob die Flasche aufrecht stand, und also das Wasser auf dem Boden ruht — in beiden Fällen war bei einer und derselben Wassermenge auch die Tonhöhe dieselbe.

Ich stimmte die Flasche von ihrem tiefsten Tone aus durch allmählichen Wasserzusatz stufenweise die diatonische Tonleiter hinauf, und bemerkte dabei jedesmal die Höhe des Wassers und der Luft nach Par. Zollen, und das Volum des Wassers und der Luft nach Par. Kubikzollen. Den Betrag zeigt folgende Tabelle:

| | Höhe | | Volum | |
|---|---|---|---|---|
| | des Wassers. | der Luft. | des Wassers. | der Luft |
| grofs *A* | 0 Z. | $10\frac{3}{4}$ Z. | 0 K. Z. | $41\frac{2}{3}$ K. Z. |
| - *H* | $1\frac{1}{3}$ | $9\frac{5}{12}$ | 7 | $34\frac{2}{3}$ |
| klein *cis* | $2\frac{1}{3}$ | $8\frac{5}{12}$ | 13 | $28\frac{2}{3}$ |
| - *d* | $2\frac{3}{4}$ | 8 | 16 | $25\frac{2}{3}$ |
| - *e* | $3\frac{1}{2}$ | $7\frac{1}{4}$ | 22 | $19\frac{2}{3}$ |
| - *fis* | $4\frac{1}{6}$ | $6\frac{7}{12}$ | $25\frac{1}{2}$ | $16\frac{1}{6}$ |
| - *gis* | $4\frac{1}{3}$ | $5\frac{5}{12}$ | 29 | $12\frac{2}{3}$ |
| - *a* | $4\frac{7}{12}$ | $6\frac{1}{6}$ | 30 | $11\frac{2}{3}$ |
| - *h* | $4\frac{5}{6}$ | $5\frac{11}{12}$ | $31\frac{1}{4}$ | $10\frac{5}{12}$ |
| 1 gestr. *cis* | 5 | $5\frac{3}{4}$ | $32\frac{1}{2}$ | $9\frac{1}{6}$ |
| - *d* | $5\frac{1}{6}$ | $5\frac{7}{12}$ | $33\frac{1}{4}$ | $8\frac{5}{12}$ |
| - *e* | $5\frac{1}{3}$ | $5\frac{5}{12}$ | $34\frac{1}{4}$ | $7\frac{5}{12}$ |
| - *fis* | $5\frac{1}{2}$ | $5\frac{1}{4}$ | $35\frac{1}{2}$ | $6\frac{1}{6}$ |
| - *gis* | $5\frac{2}{3}$ | $5\frac{1}{12}$ | $36\frac{3}{4}$ | $4\frac{11}{12}$ |
| - *a* | $5\frac{3}{4}$ | 5 | $37\frac{1}{4}$ | $4\frac{5}{12}$ |
| - *h* | 6 | $4\frac{3}{4}$ | $37\frac{3}{4}$ | $3\frac{11}{12}$ |
| 2 gestr. *cis* | $6\frac{1}{4}$ | $4\frac{1}{2}$ | $38\frac{1}{4}$ | $3\frac{5}{12}$ |
| - *d* | $6\frac{1}{3}$ | $4\frac{5}{12}$ | $38\frac{1}{2}$ | $3\frac{1}{6}$ |
| - *e* | $6\frac{2}{3}$ | $4\frac{1}{12}$ | 39 | $2\frac{2}{3}$ |
| - *fis* | 7 | $3\frac{3}{4}$ | $39\frac{2}{5}$ | $2\frac{4}{15}$ |
| - *gis* | $7\frac{1}{3}$ | $3\frac{5}{12}$ | $39\frac{4}{5}$ | $1\frac{13}{15}$ |
| - *a* | $7\frac{1}{2}$ | $3\frac{1}{4}$ | 40 | $1\frac{2}{3}$ |
| 3 gestr. *cis* | $8\frac{1}{4}$ | $2\frac{1}{2}$ | $40\frac{1}{3}$ | $1\frac{1}{3}$ |
| - *e* | $8\frac{3}{4}$ | 2 | $40\frac{2}{3}$ | 1 |
| - *a* | $9\frac{1}{4}$ | $1\frac{1}{2}$ | 41 | $\frac{2}{3}$ |

Je höher hier die Töne, desto matter und heiserer. Die höchsten sind nur hauchartig.

Zur Vergleichung liefs ich bei einem Orgelbauer eine cylindrische Röhre machen, eben so lang als die Flasche, und eben so breit als der oberste Theil des Halses. An beiden Enden offen, giebt sie das zweigestrichene *d*. Der tiefste Ton der Flasche ist also zwei Octaven und eine reine Quarte tiefer, als es der Kanal*länge* nach seyn sollte. Allerdings eine auffallende Tiefe.

Eine Octave davon ist zu rechnen auf die Deckung durch den Boden. Erwägt man nun hier das Verhältnifs der Breite zur Höhe, und vergleicht man dieses Verhältnifs mit den Resultaten meiner obigen Untersuchung über den Einflufs der verschiedenen Weite der Labialpfeifen auf ihre Tonhöhe (Bd. LVIII, VIII), erwägt man ferner die Convergenz dieser Flasche, von 3 Zoll bis zu 10 Linien Querdurchmesser oder von 9 Zoll bis $2\frac{1}{2}$ Zoll Querumfang, also beinahe bis zum Viertel, und bedenkt man, wie weit ein solcher Grad der Convergenz bei den Labialpfeifen tonerniedrigend wirkt, so wird jene auffallende Tiefe sehr erklärlich.

Dreierlei also ist es, wovon die so auffallend tiefe Stimmung der Luft in Flaschen herrührt, nämlich die Deckung durch den Boden, die Breite des Bauchs und die Convergenz des Halses.

Daraus folgt: In der Flaschenform stimmt sich die Luft nicht nach besonderen, eigenthümlichen, sondern ganz nach denselben Gesetzen, wie in den Labialpfeifen.

---

## III. *Zur Theorie der tönenden Luftsäulen; von Dr. Karl Friedr. Sal. Liskovius in Leipzig.*

Vier akustische Untersuchungen hatte ich kürzlich di Ehre in diesen Annalen mitzutheilen, 1) über die Pfeifen mit häutigen Wänden (Bd. LVII, 1842, No. 12, I.

2) über den Einflufs der verschiedenen Weite der Labialpfeifen auf ihre Tonhöhe (Bd. LVIII. VIII.), 3) über den Einflufs der Flaschenform auf die Tonhöhe der darin tönenden Luft (Bd. LVIII. IX.), und dazu 4) obigen Nachtrag.

Diese vier Untersuchungen zusammengenommen führen zu Resultaten, welche mit gewissen gangbaren Annahmen im Widerspruche stehen. Es ist nämlich angenommen:

1) die Breite der tönenden Luftsäulen mache keinen wesentlichen Unterschied in der Tonhöhe;

2) die Schwingung der tönenden Luftsäulen geschehe nur in der Richtung ihrer Länge.

Nun aber zeigen jene Untersuchungen, besonders die zweite, dafs die Breite der tönenden Luftsäulen allerdings einen bedeutenden wesentlichen Unterschied in der Tonhöhe macht, denn, wenn der Querumfang, unter übrigens ganz gleichen Umständen, in einem Falle sich zur Länge verhält, wie eins zu vier, und in einem anderen, wie eins zu zwei, und also im letzten Falle zwei Mal so grofs ist, als im ersten, so ist der Ton im letzten Falle um eine grofse Terz tiefer, als im ersten. Ist der Querumfang eben so grofs, als die Länge, so ist der Ton über eine reine Quinte tiefer, als bei dem Verhältnisse von eins zu vier, und, ist der Querumfang zwei Mal so grofs, als die Länge, also acht Mal so grofs, als bei dem Verhältnisse von eins zu vier, so ist der Ton beinahe um eine Octave tiefer, als bei diesem letzteren Verhältnisse.

Einen anderen dahin einschlagenden Versuch machte ich auf folgende Art: Eine vierseitige Labialpfeife, 6 Zoll $4\frac{1}{4}$ Linien Par. M. lang, an der Labialseite und an der gegenüberstehenden Seite 2 Z. 2 L., an den anderen beiden Seiten 3 Z. breit, wurde so eingerichtet, dafs man die vordere Hälfte und das vorderste Viertel der Weite durch Einschieben eines Brettchens winddicht absperren,

und also nach Willkühr jeden dieser Theile für sich allein oder das Ganze intoniren kann. Das Viertel giebt zweigestrichen *g*, die Hälfte zweigestrichen *d*, das Ganze eingestrichen *a*.

In solchem Maafse tonerniedrigend ist die Erweiterung tönender Röhren. Was ist aber der Grund davon?

Etwa die mit zunehmender Breite der Wände zunehmende Reibung der Luft an denselben? Dann müfste auch vermehrte Rauhigkeit der Wände — ohne vermehrte Breite — den Ton erniedrigen. Das thut sie aber nicht. Eine zinnerne Röhre beklebte ich auf ihrer ganzen inneren Fläche mit grobem Streusand. Der Ton war derselbe, nach wie vor.

Oder schwingt etwa die Luft an und für sich selbst desto langsamer, je breiter ihre Masse? Bekanntlich ist das nicht der Fall. Als Beweis dient die Fortpflanzung des Schalles durch die atmosphärische Luft. Diese Fortpflanzung mag durch enge oder weite Räume gehen, das ändert nichts in der Tonhöhe; also auch nichts in dem Zeitmaafse der Schwingungen. Einen neuen Beweis, und zwar an selbsttönender Luft, giebt jenes Einsenken fester Körper in Labialpfeifen und Flaschen (2. und 4. Untersuchung), indem dadurch ein Theil der Luft verdrängt, also die Luftmasse in der Länge und Breite verringert, und dennoch die Tonhöhe nicht verändert wird.

Oder schwingen die tönenden Luftsäulen nicht blofs in die Länge, sondern auch in die Breite? Es bleibt nichts Anderes übrig. Auch ist es sehr naturgemäfs, dafs eine elastische Flüssigkeit, sobald sie an irgend einer Stelle in Undulation versetzt wird, von dieser Stelle aus ihre Wellen nach allen Richtungen hin wirft. Und wirklich erweist sich diefs bekanntermafsen ebenfalls wieder bei der Fortpflanzung des Schalles durch die atmosphärische Luft. Nicht minder natürlich ist es ja wohl, dafs die Luft in Röhren und dergleichen Behältnissen, wenn sie vermittelst des Labiums oder auf andere Art zur Ton-

schwingung angeregt wird, von da aus ihre Wellen eben auch nach allen Richtungen hin treibt, also nicht nur in der Richtung der Länge, sondern auch in der der Breite und in den Diagonalen zwischen der Länge und Breite, nur mit dem Unterschiede, dafs hier die Wellen von dem Umfange des Behältnisses zurückgeworfen werden, und auf diese Art eine Wechselwirkung, eine gegenseitige (reciproke) Bewegung der Wellen unterhalten wird, so lange die Anregung dauert.

Dadurch erklärt es sich, warum die verschiedene Breite der tönenden Luftsäulen so vielen Einflufs auf die Tonhöhe ausübt. Das ist auch einer der Gründe, warum die Flaschenform so sehr tonvertiefend wirkt. Und darum endlich nehmen bei Pfeifen mit häutigen Wänden letztere so willig und leicht Antheil an der Tonschwingung.

Hiernach und zufolge obiger Tabelle über die durch allmäligen Wasserzusatz steigende Stimmung der Luft in Flaschen könnte man glauben, das Volum oder vielmehr die (Gewichts-) Menge der Luft sey es, was hier den Ausschlag gebe. Insbesondere spricht dafür obiger Umstand, dafs eine Flasche bei gleicher Wassermenge einerlei Ton giebt, die Flasche mag stehen oder liegen, das Wasser also den Boden oder eine Seite einnehmen, und die Luftsäule folglich in der Länge oder Breite dadurch vermindert werden. Gleichwohl zeigt die zweite und die vierte jener Untersuchungen, dafs Labialpfeifen und Flaschen, über ein Drittel ihrer Breite mit festen und zwar möglichst wenig elastischen Körpern erfüllt, wodurch doch eben so viel Luft entweichen mufs, dennoch nicht die mindeste Aenderung des Tones in seiner Höhe, sondern nur Schwächung desselben erleiden.

Man sieht also, dafs nicht sowohl die Menge der Luft es ist, worauf es hier ankommt, als vielmehr die von den Wellen zu bestreitende Weglänge. Man sieht auch zugleich, dafs diefs Beides, die Menge der Luft und die von ihren Wellen zurückzulegende Weglänge, nicht immer in so gleichem Verhältnisse zu einander stehen, als es wohl scheinen möchte. Durch die Einbringung jener festen Körper wird zwar ein Theil Luft aus dem Behältnisse verdrängt, und also die Luftmenge darin um so viel verringert. Das hindert jedoch die Wellen nicht, ihren Weg zwischen jenen festen Körpern hindurch

bis an die Wandung des Behältnisses fortzusetzen, sofern nicht jene festen Körper unter sich und mit der Wandung winddicht zusammenhängen. Es hindert sie auch nicht, diesen Weg in denselben Zeiträumen zurückzulegen. Daher das Gleichbleiben der Tonhöhe. Wohl aber muſs die Stärke der Schwingungen durch die Schmälerung der schwingenden Luft und durch das Anstoſsen und Reiben an den entgegenstehenden Körpern vermindert werden. Daher die Schwächung des Klanges. Anders verhält es sich, wenn die Länge des Weges für die Wellen der Luft durch einen winddicht absperrenden Körper, wie durch eingefülltes Wasser oder durch eine eingefalzte Zwischenwand abgekürzt wird. Dann freilich muſs die Schwingung der Zeit nach kürzer und also der Ton höher werden.

So ergiebt sich denn hieraus hauptsächlich Folgendes:

1) Die Breite der tönenden Luftsäulen hat einen bedeutenden Einfluſs auf ihre Tonhöhe. Je breiter eine Luftsäule, unter übrigens gleichen Umständen, desto tiefer der Ton.

2) Die Schwingung der tönenden Luftsäulen geschieht nicht nur in der Richtung der Länge, sondern auch in der Richtung der Breite und der Diagonalen zwischen der Länge und Breite.

3) Die Tonhöhe der tönenden Luftsäulen richtet sich, unter übrigens gleichen Umständen, nach der von den Wellen der Luft zurückzulegenden Weglänge vielmehr, als nach der Luftmenge.

4) Die Luftmenge der tönenden Luftsäulen und die von ihren Wellen zurückzulegende Weglänge nehmen nicht immer im gleichen Verhältnisse ab und zu, sondern unter gewissen Umständen nimmt die erstere ab, während die letztere sich gleich bleibt, wenn nämlich feste Körper einen Theil der Luft verdrängen, aber mit der Wandung des Behältnisses nicht winddicht zusammenhängen, so daſs sie zwischen sich und dieser einen, wenn auch noch so schmalen, Weg für die Wellen der Luft übrig lassen.

## IV. *Untersuchung der Gichtgase eines Norwegischen Eisenhohofens; von Th. Scheerer und Chr. Langberg in Christiania.*

Obgleich die Untersuchung der in Schachtöfen sich entwickelnden Gase schon der Gegenstand von einigen gröfseren, mühevollen Arbeiten gewesen ist, so dürfte dennoch jeder fernere Beitrag zu diesem noch so neuen Theile hüttenmännischer Erfahrungen nicht unwillkommen seyn, um so mehr da jene Arbeiten nicht ganz übereinstimmende Resultate geliefert, sondern einige nicht unwesentliche Punkte zweifelhaft gelassen haben. Erst durch eine grofse Reihe genauer Untersuchungen, die unter wesentlich verschiedenen Umständen angestellt sind, kann die sehr schwierige Aufgabe: »die chemischen Veränderungen des, durch die Beschickungssäule eines Schachtofens aufsteigenden Luftstromes, für alle Punkte zwischen Form und Gicht, genau zu bestimmen,« künftig vielleicht in ihrer ganzen Allgemeinheit gelöst werden. Wir schmeicheln uns daher keineswegs durch unsere vorliegende Arbeit mehr als einen kleinen Beitrag zu dieser Lösung geliefert zu haben.

Die Auffangung der Gichtgase geschah auf dem, etwa $1\frac{3}{4}$ Norw. M. von hier entfernten Eisenhüttenwerke Bärum, dessen Besitzer, Hr. Baron v. Wedel-Jarlsberg, sich durch die sehr zuvorkommende Weise, auf welche er uns diese Arbeit erleichterte, grofse Ansprüche auf unsern Dank erworben hat. Wir bedienten uns der Bunsen'schen Auffangungsmethode, und transportirten die gesammelten Gase in zugeschmolzenen Glasröhren nach Christiania, weil es uns an Zeit und Gelegenheit fehlte, die analytische Untersuchung an Ort und Stelle vorzunehmen. Anstatt des Bleirohrs, welches bei Bunsen's Ap-

parat das Eisenrohr mit dem Chlorcalcium-Apparat verbindet, wählten wir ein Rohr von Zinn. Die Gase strömten aus jeder Tiefe mit einer Lebhaftigkeit aus der letzten Glasröhre des Auffangungs-Apparates, welche den Gebrauch einer Saugpumpe ganz überflüssig machte. Dennoch bedienten wir uns einer solchen für die oberen Teufen, um ganz sicher zu seyn, jede Spur von Luft aus dem Apparate vertrieben zu haben.

Die Hauptdimensionen des Bärumer Hohofenschachtes zwischen Gicht und Form sind auf Taf. III Fig. 1 angegeben. Der Wind wird durch eine Düse von 2¾ Zoll Rheinl. im Durchmesser zugeführt. Während der Zeit der Gichtgas-Auffangung war der mittlere Manometerstand 14 Linien Rheinl. Quecksilber. Die Temperatur der durch einen Wasser-Alfinger-Apparat erwärmten Gebläseluft hielt sich etwa zwischen 200° und 230° C., indem nämlich darin eine Stange metallischen Zinns dem Schmelzen mehr oder weniger nahe gebracht wurde. Ein an der Windleitungsröhre angebrachtes Metall-Spiralen-Thermometer konnte nicht zur näheren Bestimmung der Temperatur gebraucht werden, da es, wie diefs mit allen derartigen Thermometern der Fall zu seyn pflegt, schon nach kurzer Zeit faul und ungenau geworden war.

Man verschmelzt auf Bärum ein Gemenge aus Eisenglanz und Magneteisenstein mit einem durchschnittlichen Eisengehalte von 40 bis 42 Procent. Da die Erze theils kalkige (kohlensauren Kalk bei sich führende), theils kieselige sind, so entgeht man durch eine zweckmäfsige Gattirung jedem Zusatze eines schlackenbildenden Flufsmittels. Als Brennmaterial werden gute Tannenkohlen angewendet. Die wöchentliche Production beträgt etwa 140 Schiffpfund graues Roheisen.

Die Analyse der aufgefangenen Gase geschah vermittelst eudiometrischer Bestimmung. Der Liebig'sche Apparat, dessen sich Ebelmen [1]) bei seinen Untersu-

1) *Annal. des mines, T. XX.*

chungen bedient hat, läfst sich schwierig anwenden, wenn die Gichtgase nicht in der Nähe des Hohofens analysirt werden können. In unserem Falle wären wir alsdann genöthigt gewesen, einen Meilen weiten Transport sehr grofser Gasvolumina vorzunehmen, was bedeutende Schwierigkeiten gehabt haben würde, und dennoch vielleicht zu Ungenauigkeiten hätte Veranlassung geben können. Uebrigens kann die eudiometrische Analyse, bei einigen Vorsichtsmafsregeln, zu einer Genauigkeit gebracht werden, wie sie wohl kaum gröfser bei Untersuchungen dieser Art erfordert wird, deren mehr oder weniger schwankende Resultate keineswegs in der nicht hinreichend vollkommenen analytischen Methode, sondern leider hauptsächlich in den Vorgängen im Inneren des Ofenschachtes selbst begründet sind.

Da die Analyse im Allgemeinen auf die von Bunsen zuerst in Anwendung gebrachte Art geschah, so wird es hier nur nöthig seyn, einiger specieller Vorsichtsmafsregeln zu gedenken, welche wir anzuwenden für zweckmäfsig erachteten. 1) Nach der, durch zugelassenen Sauerstoff und vermittelst des elektrischen Funkens bewirkten Verbrennung der brennbaren Gase, wurde nicht allein einen ganzen Tag gewartet, damit sich die erhöhte Temperatur des Gases wieder mit der der umgebenden Luft in's Gleichgewicht setzen konnte, sondern es wurde auch noch während dieser Zeit alles gebildete Wasser durch ein Stück eingeführtes Chlorcalcium [1]) absorbirt. 2) Die Absorption des überschüssig zugesetzten Sauerstoffs geschah durch Phosphor, aber bei Berücksichtigung folgender Umstände. Der um einen Draht angeschmolzene Phosphor mufs bis an das oberste Ende des Eudiometers eingeführt werden, damit sich die Nebel der entstehenden phosphorigen Säure nach unten senken, wo sie

1) Dafs sowohl diefs Chlorcalcium, wie überhaupt jedes andere, bei unseren Analysen angewendete, nicht alkalisch reagirte, davon hatten wir uns natürlich überzeugt.

das Phosphorstück nicht umhüllen, und dadurch dessen fernere Wirkung beeinträchtigen können. Dennoch aber ist man genöthigt den Phosphor 1 bis 2 Mal aus dem Eudiometer zu nehmen, und ihm durch Abschaben unter Wasser eine neue, schnell absorbirende Oberfläche zu verschaffen. Nur bei Beachtung dieser Vorsicht gelingt die gänzliche Absorption des Sauerstoffs, welche sonst allerdings, wie Heine [1]) sehr richtig behauptet, keineswegs vollständig geschieht. 3) Die Spannkraft der zuletzt beim Stickstoff zurückgebliebenen phosphorigen Säure brachten wir nicht dadurch in Anschlag, dafs wir $\frac{1}{40}$ von dem Gesammtvolumen des Stickstoffs und der phosphorigen Säure in Abrechnung brachten. Im Allgemeinen mag diefs ziemlich richtig seyn; jedoch fanden wir, indem wir es vorzogen die phosphorige Säure durch Kali zu absorbiren, jenen Correctionsbruch fast stets gröfser.

Wir geben nun nach diesen nothwendigen Präliminarien eine Uebersicht unserer analytischen Beobachtungs-Resultate, und werden alsdann die durch Rechnung hieraus gefundenen Zusammensetzungen folgen lassen. Es scheint uns einen Vorzug zu verdienen, anstatt die Tiefen der verschiedenen Ansammlungspunkte unter der Gicht, die Höhen derselben über der Form anzugeben. Während der Zeit der Ansammlung der Gase kamen keine bedeutenden Niveauveränderungen in dem oberen Theile der Beschickungsäule vor.

1) Bergwerksfreund, Bd. V S. 231.

| | Beobacht. Gasvolum, in C.C. | Barometerst., reduc. auf 0° R. | Temperat. des Gases in 0° R. | Auf 0° R. und 336''' Bar. reducirtes Vol. |
|---|---|---|---|---|
| I. *a.* Gas aus 23 Fuſs Rheinl. Höhe über der Form. | | | | |
| 1) Angewendete Gasmenge | 47,50 | 338,97 | 12,3 | 45,37 |
| 2) Nach Absorption der Kohlensäure . . . . . . . . . . | 37,60 | 333,80 | 13,2 | 35,23 |
| 3) Nach Einlassung von Sauerstoff . . . . . . . . . . . . . | 57,40 | 333,53 | 12,2 | 53,97 |
| 4) Nach der Bildung und Absorption des Wassers . . . | 51,00 | 333,32 | 14,2 | 47,49 |
| 5) Nach Absorption der gebildeten Kohlensäure . . . . | 45,60 | 332,03 | 15,25 | 42,13 |
| 6) Nach Absorption des Sauerstoffs und der ph. Säure | 30,60 | 340,87 | 13,0 | 29,31 |
| I. *b.* Gas aus gleicher Höhe üb. d. F. | | | | |
| 1) Angewendete Gasmenge | 44,00 | 341,06 | 13,2 | 42,12 |
| 2) Nach Absorption der Kohlensäure . . . . . . . . . . | 33,90 | 343,85 | 12,4 | 32,38 |
| 3) Nach Einlassung von Sauerstoff . . . . . . . . . . . . . | 55,50 | 343,89 | 12,6 | 53,72 |
| 4) Nach der Bildung und Absorption des Wassers . . . | 49,25 | 342,43 | 10,1 | 47,98 |
| 5) Nach Absorption der gebildeten Kohlensäure . . . . | 44,90 | 340,21 | 12,9 | 42,94 |
| 6) Nach Absorption des Sauerstoffs und der ph. Säure | 28,70 | 334,31 | 12,0 | 27,07 |
| II. [1]). Gas aus 20½ Fuſs Höhe üb. d. F. | | | | |
| 1) Angewendete Gasmenge | 38,40 | 338,41 | 13,0 | 36,51 |
| 2) Nach Absorption der Kohlensäure . . . . . . . . . . | 30,75 | 342,69 | 12,4 | 29,86 |

1) Eine zweite mit dieser Gichtgasart vorgenommene Analyse miſsglückte; ein Gleiches war der Fall mit dem aus 10 Fuſs Höhe über der Form entnommenen Gase. Leider hatten wir nicht Material genug, um die Analysen zu wiederholen.

| | Beobacht. Gasvolum, in C.C. | Barometerst., reduc. auf 0° R. | Temperat. des Gases in 0° R. | Auf 0° R. und 336‴ Bar. reducirtes Vol. |
|---|---|---|---|---|
| 3) Nach Einlassung von Sauerstoff . . . . . . . . . . . . | 40,40 | 342,53 | 12,9 | 39,09 |
| 4) Nach der Bildung und Absorption des Wassers . . | 34,95 | 342,37 | 11,4 | 34,06 |
| 5) Nach Absorption der gebildeten Kohlensäure . . . . | 29,00 | 339,95 | 12,1 | 27,90 |
| 6) Nach Absorption des Sauerstoffs und der ph. Säure | 23,60 | 341,41 | 12,0 | 22,87 |
| III. *a.* Gas aus 18 Fufs Höhe üb. d. F. | | | | |
| 1) Angewendete Gasmenge | 44,20 | 341,38 | 12,0 | 42,58 |
| 2) Nach Absorption der Kohlensäure . . . . . . . . . . | 38,20 | 344,73 | 12,0 | 37,16 |
| 3) Nach Einlassung von Sauerstoff . . . . . . . . . . . . . | 50,33 | 344,52 | 12,8 | 48,76 |
| 4) Nach Bildung u. Absorption des Wassers . . . . . . . . | 41,66 | 344,76 | 11,0 | 40,70 |
| 5) Nach Absorption der gebildeten Kohlensäure . . . . | 33,70 | 341,62 | 10,6 | 32,68 |
| 6) Nach Absorption des Sauerstoffs und der ph. Säure | 28,26 | 335,37 | 11,4 | 26,81 |
| III. *b.* Gas aus gleicher Höhe üb. d. F. | | | | |
| 1) Angewendete Gasmenge | 45,60 | 331,03 | 13,7 | 42,28 |
| 2) Nach Absorption der Kohlensäure . . . . . . . . . . | 39,33 | 333,20 | 11,0 | 37,14 |
| 3) Nach Einlassung von Sauerstoff . . . . . . . . . . . . | 50,66 | 333,27 | 11,2 | 47,81 |
| 4) Nach Bildung u. Absorption des Wassers . . . . . . . . | 42,40 | 335,05 | 12,0 | 40,09 |
| 5) Nach Absorption der gebildeten Kohlensäure . . . . | 32,80 | 337,93 | 12,1 | 31,27 |
| 6) Nach Absorption des Sauerstoffs und der ph. Säure | 28,13 | 336,78 | 11,2 | 26,82 |

| | Beobacht Gasvolum, in C.C. | Barometerst., reduc. auf 0° R. | Temperat. des Gases in 0° R. | Auf 0° R. und 336''' Bar. reducirtes Vol. |
|---|---|---|---|---|
| IV. *a.* Gas aus $15\frac{1}{2}$ Fufs Höhe üb. d. F. | | | | |
| 1) Angewendete Gasmenge | 67,96 | 336,81 | 12,4 | 64,47 |
| 2) Nach Absorption der Kohlensäure . . . . . . . . . . | 66,05 | 329,28 | 11,5 | 61,55 |
| 3) Nach Einlassung von Sauerstoff . . . . . . . . . . . . . . | 88,90 | 329,04 | 12,0 | 82,54 |
| 4) Nach Bildung u. Absorption des Wassers . . . . . . . . | 75,24 | 330,80 | 11,0 | 70,54 |
| 5) Nach Absorption der gebildeten Kohlensäure . . . . . | 54,24 | 331,56 | 11,3 | 50,90 |
| 6) Nach Absorption des Sauerstoffs und der ph. Säure | 43,80 | 333,58 | 10,5 | 41,50 |
| IV. *b.* Gas aus gleicher Höhe üb. d. F. | | | | |
| 1) Angewendete Gasmenge | 46,26 | 333,50 | 12,5 | 43,44 |
| 2) Nach Absorption der Kohlensäure . . . . . . . . . . . | 43,78 | 337,76 | 11,9 | 41,74 |
| 3) Nach Einlassung von Sauerstoff . . . . . . . . . . . . | 58,44 | 337,68 | 13,5 | 55,33 |
| 4) Nach Bildung u. Absorption des Wassers . . . . . . . . | 49,52 | 337,89 | 12,0 | 47,21 |
| 5) Nach Absorption der gebildeten Kohlensäure . . . . | 35,70 | 337,61 | 12,0 | 34,01 |
| 6) Nach Absorption des Sauerstoffs und der ph. Säure | 29,00 | 341,72 | 13,5 | 27,78 |
| V. *a.* Gas aus 13 Fufs Höhe üb. d. F. | | | | |
| 1) Angewendete Gasmenge | 56,20 | 340,19 | 13,9 | 53,51 |
| 2) Nach Absorption der Kohlensäure . . . . . . . . . . | 51,24 | 338,17 | 11,7 | 48,96 |
| 3) Nach Einlassung von Sauerstoff . . . . . . . . . . . . . | 68,80 | 337,92 | 12,1 | 65,57 |
| 4) Nach Bildung u. Absorption des Wassers . . . . . . . . | 58,78 | 336,58 | 12,8 | 55,63 |

| | Beobacht. Gas-volum, in C.C. | Barometerst., reduc. auf 0° R. | Temperat. des Gases in 0° R. | Auf 0° R. und 336''' Bar. reducirtes Vol. |
|---|---|---|---|---|
| 5) Nach Absorption der gebildeten Kohlensäure . . . . | 47,30 | 336,07 | 11,8 | 44,89 |
| 6) Nach Absorption des Sauerstoffs und der ph. Säure | 37,18 | 338,04 | 12,3 | 35,42 |
| V. *b.* Gas aus gleicher Höhe üb. d. F. | | | | |
| 1) Angewendete Gasmenge | 44,62 | 338,03 | 11,9 | 42,58 |
| 2) Nach Absorption der Kohlensäure . . . . . . . . . . | 40,82 | 336,98 | 11,1 | 38,97 |
| 3) Nach Einlassung von Sauerstoff . . . . . . . . . . . . | 54,90 | 337,02 | 12,0 | 52,21 |
| 4) Nach Bildung u. Absorption des Wassers . . . . . . . | 46,62 | 336,78 | 11,2 | 44,46 |
| 5) Nach Absorption der gebildeten Kohlensäure . . . . | 36,22 | 338,27 | 11,0 | 34,72 |
| 6) Nach Absorption des Sauerstoffs und der ph. Säure | 29,56 | 337,70 | 12,4 | 28,12 |
| VI. Gas aus 10 Fufs Höhe üb. d. F. | | | | |
| 1) Angewendete Gasmenge | 49,99 | 338,72 | 12,0 | 47,78 |
| 2) Nach Absorption der Kohlensäure . . . . . . . . . . | 48,02 | 337,59 | 15,5 | 45,06 |
| 3) Nach Einlassung von Sauerstoff . . . . . . . . . . . . | 58,22 | 337,63 | 15,5 | 54,64 |
| 4) Nach Bildung u. Absorption des Wassers . . . . . . . . | 49,34 | 335,66 | 14,6 | 46,21 |
| 5) Nach Absorption der gebildeten Kohlensäure . . . . | 36,40 | 328,47 | 12,9 | 33,61 |
| 6) Nach Absorption des Sauerstoffs und der ph. Säure | 32,90 | 334,08 | 11,8 | 31,04 |

Die auf diesen Beobachtungs-Resultaten begründete Berechnung ergiebt die procentische Zusammensetzung der Gichtgase, aus den sechs verschiedenen Höhen über der Form, wie folgt:

I.

23 Fuſs über der Form.

| | a. | b. | Mittel. |
|---|---|---|---|
| Stickstoff | 64,59 | 64,27 | 64,43 |
| Kohlensäure | 22,35 | 22,05 | 22,20 |
| Kohlenoxyd | 7,49 | 8,59 | 8,04 |
| Grubengas | 4,34 | 3,39 | 3,87 |
| Wasserstoff | 1,23 | 1,70 | 1,46 |
| | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| Brennbare Gase | 13,06 | 13,68 | 13,37 |
| Verbrauchter Sauerstoff | 13,04 | 11,92 | 12,48 |

II.

20,5 Fuſs über der Form.

| | |
|---|---|
| Stickstoff | 62,65 |
| Kohlensäure | 18,21 |
| Kohlenoxyd | 15,33 |
| Grubengas | 1,28 |
| Wasserstoff | 2,53 |
| | 100,00 |
| Brennbare Gase | 19,14 |
| Verbrauchter Sauerstoff | 11,50 |

III.

18 Fuſs über der Form.

| | a. | b. | Mittel. |
|---|---|---|---|
| Stickstoff | 62,97 | 63,44 | 63,20 |
| Kohlensäure | 12,73 | 12,17 | 12,45 |
| Kohlenoxyd | 17,97 | 19,17 | 18,57 |
| Grubengas | 0,87 | 1,67 | 1,27 |
| Wasserstoff | 5,46 | 3,55 | 4,51 |
| | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| Brennbare Gase | 24,30 | 24,39 | 24,35 |
| Verbrauchter Sauerstoff | 13,46 | 14,71 | 14,09 |

IV.

15½ Fuſs über der Form.

| | a. | b. | Mittel. |
|---|---|---|---|
| Stickstoff | 64,36 | 64,20 | 64,28 |
| Kohlensäure | 4,54 | 3,99 | 4,27 |
| Kohlenoxyd | 28,84 | 29,50 | 29,17 |
| Grubengas | 1,62 | 0,85 | 1,23 |
| Wasserstoff | 0,64 | 1,46 | 1,05 |
| | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| Brennbare Gase | 31,10 | 31,81 | 31,46 |
| Verbrauchter Sauerstoff | 17,97 | 17,18 | 17,58 |

V.

13 Fuſs über der Form.

| | a. | b. | Mittel. |
|---|---|---|---|
| Stickstoff | 66,21 | 66,04 | 66,12 |
| Kohlensäure | 8,50 | 8,49 | 8,50 |
| Kohlenoxyd | 19,60 | 20,96 | 20,28 |
| Grubengas | 0,47 | 1,90 | 1,18 |
| Wasserstoff | 5,22 | 2,61 | 3,92 |
| | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| Brennbare Gase | 25,29 | 25,47 | 25,38 |
| Verbrauchter Sauerstoff | 13,36 | 15,59 | 14,47 |

VI.

10 Fuſs über der Form.

| | |
|---|---|
| Stickstoff | 64,97 |
| Kohlensäure | 5,69 |
| Kohlenoxyd | 26,38 |
| Grubengas | 0,00 |
| Wasserstoff | 2,96 |
| | 100,00 |
| Brennbare Gase | 29,34 |
| Verbrauchter Sauerstoff | 14,68 |

Um eine bessere Uebersicht dieser Resultate zu gewähren, haben wir sie in der folgenden tabellarischen Anordnung zusammengestellt. Von allen Analysen, welche zwei Mal gemacht wurden, sind hierbei die Mittelwerthe benutzt worden.

| | 23′ üb. d. F. | 20½′ üb. d. F. | 18′ üb. d. F. | 15½′ üb. d. F. | 13′ üb. d. F. | 10′ üb. d. F. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Stickstoff | 64,43 | 62,65 | 63,20 | 64,28 | 66,12 | 64,97 |
| Kohlensäure | 22,20 | 18,21 | 12,45 | 4,27 | 8,50 | 5,69 |
| Kohlenoxyd | 8,04 | 15,33 | 18,57 | 29,17 | 20,28 | 26,38 |
| Grubengas | 3,87 | 1,28 | 1,27 | 1,23 | 1,18 | 0,00 |
| Wasserstoff | 1,46 | 2,53 | 4,51 | 1,05 | 3,92 | 2,96 |
| | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| Brennbare Gase | 13,37 | 19,14 | 24,35 | 31,46 | 25,38 | 29,34 |
| Verbrauchter Sauerstoff | 12,48 | 11,50 | 14,09 | 17,58 | 14,47 | 14,68 |

An diese durch die Analyse erhaltenen Resultate knüpfen sich die folgenden Betrachtungen:

1) Ob die Abweichungen, welche sich zwischen den berechneten Zusammensetzungen von Gichtgasen aus gleichen Höhen über der Form zeigen, allein auf schwer vermeidlichen Beobachtungsfehlern beruhen, oder ob sie theilweise auch in der, selbst in gleichen Höhen über der Form, mehr oder weniger wechselnden Beschaffenheit der Gichtgase ihren Grund haben, läfst sich natürlich nicht mit Sicherheit entscheiden. So viel dürfte aber ausgemacht seyn, dafs die mittlere Zusammensetzung der Gichtgase desto schwieriger zu bestimmen ist, je näher der Form dieselben entnommen sind.

2) Bei allen Analysen, mit Ausnahme der letzten, haben wir kleine Mengen von Grubengas erhalten, die bei den Analysen I. *a* und I. *b* sogar bis auf etwa 4 Procent steigen. Aehnliche Resultate erhielten Bunsen und Heine; Ebelmen fand dagegen, bei seiner Untersuchung der Gichtgase des Hohofens von Clerval, durchaus kei-

nen Kohlenwasserstoff, und führt sogar ausdrücklich an, dafs durch seine Analysen das Nichtvorhandenseyn dieser Gasart in den untersuchten Gasen bewiesen sey. Freilich lassen sich die Mengen der brennbaren Gasarten in den Gichtgasen durch die eudiometrische Methode nicht so genau bestimmen, wie Stickstoff und Kohlensäure. Die einfache Betrachtung der Formeln, nach welchen die relativen Quantitäten von Kohlenoxyd, Grubengas und Wasserstoff berechnet werden, genügt schon, um diese geringere Sicherheit einleuchtend zu machen. Während es zur Bestimmung des Stickstoffs nur einer Beobachtung (einer Ablesung am Eudiometer, Barometer und Thermometer) bedarf, und zu der der Kohlensäure deren zwei, so sind zur Bestimmung des Kohlenoxyds sechs, zu der des Grubengases fünf, und zu der des Wasserstoffs ebenfalls fünf derselben erforderlich. Aber auf der anderen Seite erscheint es auch als sehr unwahrscheinlich, dafs Bunsen's, Heine's und unsere Angaben von vorhandenem Grubengase allein auf Fehlern in den Analysen beruhen sollten. Solche Fehler hätten alsdann doch eben so gut einmal ein Minus als ein Plus geben, und es hätte sich das absurde Resultat eines ÷ Grubengases herausstellen müssen, was aber nie der Fall gewesen ist. Dafs dagegen mehrere Analysen von Heine, so wie die letzte unserer Analysen, genau Null Grubengas ergeben haben, beweist genügend, dafs keine constante Fehlerquelle vorhanden seyn kann, welche stets da Grubengas finden läfst, wo keins vorhanden ist. Wenn also, was wir nicht bezweifeln, Ebelmen's analytische Resultate richtig sind, so bleibt nichts anderes anzunehmen übrig, als dafs in den von Heine, Bunsen und uns untersuchten Gichtgasen Grubengas vorhanden war, in dem von Ebelmen untersuchten Gasgemengen dagegen kein solches existirte. Man braucht nicht zu fragen, woher das Kohlenwasserstoffgas in die erst erwähnten Gichtgase gekommen sey, sondern man wird vielmehr

nach einem Grunde suchen müssen, aus welchem die Gase des Ofens von Clerval kein Grubengas enthielten, indem, wie Bunsen [1]) bewiesen hat, Holzkohlen wohl niemals so vollständig verkohlt sind, dafs sie nicht, bei einer stärkeren Erhitzung, noch kleine Mengen von Kohlenwasserstoff entwickeln. Bedenkt man zugleich, dafs selbst unter guten Holzkohlen mehr oder weniger unvollständig verkohlte, bräunliche Kohlen vorkommen, so wird man in der That nicht einsehen können, wie es Fälle geben sollte, in denen Gichtgase (aus den *oberen* Schachtteufen) kein Grubengas enthielten. Man wird hierdurch auf den einzigen Ausweg geleitet, welcher noch offen bleibt, dafs nämlich die Oelschicht, über welche Ebelmen bekanntlich seine Gase auffing, vielleicht condensirend auf das Grubengas gewirkt haben möge. Freilich bemerkt derselbe ausdrücklich, er habe die Gase, sowohl in einiger Zeit nach dem Auffangen, als auch nach längerer Aufbewahrung, stets von gleicher Zusammensetzung (und in beiden Fällen kein Grubengas enthaltend) gefunden. Diefs kann aber nur beweisen, dafs weder Kohlensäure, noch Kohlenoxyd, Stickstoff oder Wasserstoff von Oel absorbirt werden; wie es sich aber in dieser Hinsicht mit dem Grubengas verhält, ist hierdurch keineswegs ausgemacht. Dieser fragliche Punkt würde sich durch einen mit reinem Grubengase angestellten Versuch leicht auf's Reine bringen lassen, wenn es bekanntlich nicht sehr schwierig wäre, diese Gasart ganz frei von fremden Beimengungen zu erhalten. Wir wählten daher statt dessen ein Gasgemenge, wie man es bekommt, wenn Alkoholdampf durch eine stark glühende Porcellanröhre geleitet wird. Ein solches Gasgemenge besteht aus Kohlenoxyd, Wasserstoff, Grubengas und vielleicht Kohlensäure; enthält also jedenfalls gleiche Bestandtheile, wie die Gichtgase. Eine gemessene und vermittelst Chlorcalcium getrocknete Quantität desselben wurde in ein mit

1) Poggendorff's Annalen, Bd. XXXXVI S. 207.

Oel gefülltes Eudiometer gebracht. Durch zweckmäfsiges Bewegen der absperrenden Oelschicht verminderte sich das Gasvolumen schon sichtlich nach wenigen Minuten. Als darauf der Apparat 24 Stunden in Ruhe gelassen wurde, zeigte sich nach Verlauf dieser Zeit, dafs von 48,5 Kubikcentimeter der Gasart etwa 6 Kubikcentimeter verschwunden waren. Sowohl gereinigtes Rüböl, als ganz reines Olivenöl zeigten ein solches Absorptionsvermögen. Es dürfte daher hierdurch zu einem hohen Grade von Wahrscheinlichkeit gebracht seyn, dafs der Grund, warum Ebelmen kein Grubengas in den von ihm untersuchten Gichtgasen fand, hauptsächlich in der Oelschicht zu suchen sey, über welche er diese Gase auffing.

3) Wenn man annimmt, dafs die bei der Verbrennung der verschiedenen Gichtgase entwickelten Wärmemengen in demselben Verhältnisse zu einander stehen, wie die zu dieser Verbrennung erforderlichen respectiven Sauerstoffquantitäten, so zeigt sich, in der Höhe von $15\frac{1}{2}$ Fufs über der Form, ein deutlich ausgesprochenes Maximum des durch Verbrennung der Gichtgase zu erreichenden Wärme-Effectes. An dieser Stelle, also fast genau in $\frac{3}{5}$ Schachthöhe über dem Bodenstein, würden die Gase des Bärumer Hohofens daher abgeleitet werden müssen, wenn sie den gröfstmöglichsten Effect bei ihrer Anwendung zum Puddeln leisten sollten. In der Nähe der Gicht entnommen, würden sie dagegen ganz unbrauchbar für diesen Zweck seyn. Dafs ein solches Maximum, je nach den obwaltenden, hierbei wesentlichen Umständen, in anderen Hohöfen theils eine etwas höhere, theils eine etwas niedrigere Lage im Schachte haben könne, ist kaum nöthig hinzuzufügen. Bei allen norwegisehen Hohöfen sind jedoch die Abweichungen von dem hier aufgestellten Beispiele schwerlich bedeutend.

4) Der ganze Sauerstoffgehalt der Gichtgase kann hauptsächlich nur drei Quellen haben: 1) den Sauerstoff-

gehalt der eingeblasenen atmosphärischen Luft, 2) den der Erze, 3) den der Kohlensäure, welche sich aus dem kohlensauren Kalke der Beschickung entwickelt. Da man nun annehmen kann, dafs die beiden letztgenannten Sauerstoffquellen, in dem untersten heifsesten Theile der Beschickungssäule, von gar keiner Bedeutung sind, indem hier sowohl alle Kohlensäure aus der Beschickung entwichen, als auch das Erz reducirt seyn mufs, so folgt daraus, dafs die in den Gichtgasen, aus gröfseren Schachtteufen, enthaltenen Stickstoff- und Sauerstoffquantitäten, sehr nahe zu einander in dem Verhältnisse von 79 : 21 (wie in der atmosphärischen Luft) stehen, dafs sich dagegen in allen Gichtgasen aus höheren Teufen gröfsere, mit der Nähe der Gicht stets zunehmende relative Sauerstoffgehalte zeigen müssen. Man kann diesen Umstand zu einem Prüfungsmittel für die Richtigkeit von Gichtgas-Analysen benutzen. Wenden wir es auf unsere vorliegenden Analysen an, so ergiebt sich folgendes Resultat [1]). Es enthielten die Gichtgase von:

| | | | |
|---|---|---|---|
| 23′ üb. d. Form | auf 79 Vol. Stickstoff: | 31,28 | Vol. Sauerstoff |
| $20\frac{1}{2}$′ - - - | - 79 - - | 31,03 | - - |
| 18′ - - - | - 79 - - | 24,35 | - - |
| $15\frac{1}{2}$′ - - - | - 79 - - | 22,34 | - - |
| 13′ - - - | - 79 - - | 19,93 | - - |
| 10′ - - - | - 79 - - | 21,16 | - - |

Aus Ebelmen's Analysen ergeben sich diese Verhältnisse wie folgt:

| | | | |
|---|---|---|---|
| $25\frac{1}{2}$′ üb. d. Form | auf 79 Vol. Stickstoff: | 29,69 | Vol. Sauerstoff |
| $21\frac{1}{4}$′ - - - | - 79 - - | 30,18 | - - |
| 17′ - - - | - 79 - - | 30,38 | - - |
| $12\frac{3}{4}$′ - - - | - 79 - - | 28,11 | - - |
| $8\frac{1}{2}$′ - - - | - 79 - - | 22,52 | - - |
| $7\frac{1}{2}$′ - - - | - 79 - - | 20,72 | - - |

1) Bei dieser Berechnung ist noch zu berücksichtigen, dafs aller in den Gichtgasen enthaltene Wasserstoff von Wasser herrührt, welches durch

Bei Bunsen's Analysen der Gichtgase des Hohofens von Veckerhagen [1]) ergiebt sich dagegen:

| | | | |
|---|---|---|---|
| $17\frac{3}{4}'$ üb. d. Form | auf 79 Vol. Stickstoff: | 27,17 | Vol. Sauerstoff |
| $16\frac{1}{4}'$ - - - | - 79 - - | 30,41 | - - |
| $14\frac{3}{4}'$ - - - | - 79 - - | 19,73 | - - |
| $13\frac{1}{4}'$ - - - | - 79 - - | 24,14 | - - |
| $11\frac{3}{4}'$ - - - | - 79 - - | 26,11 | - - |
| $8\frac{3}{4}'$ - - - | - 79 - - | 27,87 | - - |
| $5\frac{5}{8}'$ - - - | - 79 - - | 26,52 | - - |

Ebelmen's und unsere Resultate stimmen also mit dem, was nach der obigen Betrachtung gefordert wird, sehr gut überein; dagegen ist diefs mit Bunsen's Analysen nicht der Fall. Dafs z. B. das Volumenverhältnifs des Stickstoffs zum Sauerstoff in den aus $13\frac{1}{4}'$ Höhe über der Form entnommenen Gichtgasen wie 79 : 24,14 gewesen, in den Gasen aus $14\frac{3}{4}'$ Höhe dagegen bis auf 79 : 19,73 gesunken, und endlich in den aus $16\frac{1}{4}'$ Höhe wieder bis auf 79 : 30,41 gestiegen seyn sollte, sieht in der That wie eine Unmöglichkeit aus. Vielleicht dürfte der Grund dieses paradoxen Verhältnisses zum Theil in Bunsen's Berechnung seiner Analysen liegen, welche, wie Heine [2]) bemerkt hat, nicht immer richtig seyn soll. — Ein sehr auffallendes Resultat, trotz der dafür von Ebelmen gegebenen Erklärung, bleibt es immer, dafs derselbe in den aus $1\frac{5}{8}'$ Höhe über der Form aufgefangenen Gasen ein Verhältnifs des Stickstoffs zum Sauerstoff wie 79 : 28,42 fand, und in den beim Tümpel entnommenen Gasen sogar wie 79 : 41,79. Man sollte die Menge des, aus dem geschmolzenen Roheisen entwickelten Kohlenoxydgases

die glühenden Kohlen zersetzt wurde, weshalb für jedes Volum Wasserstoff $\frac{1}{2}$ Vol. Sauerstoff in Abrechnung zu bringen ist.

1) Dessen Höhendimensionen angenommen wurden, wie man sie in „Merbach's Anwendung der erwärmten Gebläseluft" angegeben findet.

2) Bergwerksfreund, Bd. V S. 233, in der Anmerkung.

nicht für so grofs erachten, dafs dadurch ein solches Verhältnifs zwischen Stickstoff und Sauerstoff entstehen könnte; um so weniger, da gewifs nicht die ganze Menge des auf diese Weise entwickelten Kohlenoxydgases seinen Sauerstoff von eisenoxydhaltigen Schlackentheilen (wie beim Frischprocesse), sondern auch gewifs durch direct eingeblasene atmosphärische Luft erhält. Nur das auf erstere Art entstandene Kohlenoxyd kann aber auf jenes Verhältnifs sauerstoffvermehrend wirken. Die Beobachtung Ebelmen's scheint uns daher Aufmerksamkeit zu verdienen.

Der übersichtlicheren Anschauung wegen haben wir unsere so eben mitgetheilten Resultate, über das Stickstoff-Sauerstoff-Verhältnifs der Gichtgase aus verschiedenen Teufen, durch eine in der Zeichnung des Hohofenschachtes, Fig. 1 Taf. III, angebrachte Doppel-Curve deutlich zu machen gesucht. Alle horizontalen Abstände zwischen beiden Curven entsprechen etwa den, in den zugehörigen Schachthöhen vorhandenen Sauerstoffmengen. Man ersieht aus dieser Darstellung, dafs die Zunahme des Sauerstoffs über das Verhältnifs desselben in der atmosphärischen Luft, in der Nähe des gröfsten Schachtdurchmessers eintritt, woraus folgt: *dafs die Erze sich hier schon in fast völlig reducirtem Zustande befinden müssen.* Ganz dasselbe Resultat ergiebt sich, nach Ebelmen's Untersuchungen, für den Hohofen von Clerval.

Eine ähnliche bildliche Darstellung, wie die eben erwähnte, haben wir für die Zusammensetzung der Gichtgase der Hohöfen von Bärum, Clerval und Veckerhagen in den Figuren 2, 3 und 4 Taf. III gegeben. Die Linie *NN*, welche alle drei Figuren gemein haben, deutet die in gleiches Niveau gebrachte Lage der Formen aller drei Hohöfen an; die Linien *A* Fig. 2, *B* Fig. 3 und *C* Fig. 4 Taf. III entsprechen den Lagen der drei Ofengichten, deren Höhen über dem Form-Niveau durch die, zu beiden Seiten der ganzen Abbildung laufenden

Skalen (in rheinl. Fufsen) entnommen werden können. Die schraffirten Bänder, welche sich, in jeder der Figuren, neben einander hinziehen, geben ein Bild von den in jeder Schachthöhe (die zwischen den respectiven Gränzen der Untersuchungen liegt) vorhandenen relativen Mengen von Stickstoff, Kohlensäure, Kohlenoxyd, Wasserstoff und Grubengas. Die starken Linien *K* Fig. 2 und *K* Fig. 3 Taf. III deuten die Lage des gröfsten Schachtdurchmessers [1]) an, und die punktirten Linien *M* Fig. 2 und (*M*) Fig. 4 Taf. III die Stelle, an welcher die Gichtgase den gröfsten Wärme.-Effect bei ihrer Verbrennung leisten. Bei dem Hohofen von Clerval würde diefs Maximum dicht bei der Form zu liegen kommen; denn nach Ebelmen's Versuchen ist die relative Menge des Kohlenoxydgases, von der Gicht abwärts bis zur Form, in steter Zunahme, die Menge der Kohlensäure dagegen in entsprechender Abnahme, wie auf Fig. 3 Taf. III durch zwei punktirte Linien angedeutet ist. In 7½' Höhe über der Form verschwindet die Kohlensäure sogar gänzlich, so dafs der ganze Raum zwischen Kohlensack und Gicht, beim Ofen von Clerval, so gut wie gar keine Kohlensäure enthält. Wenn diefs wirklich der Fall ist, so glauben wir, mit Berzelius [2]) und Heine, nicht, dafs ein solches Resultat eine Gültigkeit für alle Hohöfen haben könne. Wir vermuthen sogar, dafs diefs hauptsächlich nur für den Hohofen von Clerval und vielleicht für wenige andere Hohöfen gilt. Ebelmen [3]) giebt nämlich an, dafs, bei $0^m,065$ (=2,48″ rheinl.) Düsendurchmesser und 175 bis 190° C. Windtemperatur, der mittlere Manometerstand etwa $0^m,0165$ (=7,57‴ rheinl.) Quecksilber gewesen sey. Diefs ist eine so ungewöhnlich nie-

1) Beim Hohofen von Veckerhagen war uns die Lage des gröfsten Schachtdurchmessers nicht bekannt.

2) Jahresbericht, Bd. XX, Heft 2, S. 75.

3) In seiner früher gedachten Abhandlung.

drige Pressung, daſs sie wohl nur bei sehr wenigen anderen Holzkohlenhohöfen (bei Coakshohöfen natürlich gar nicht) angetroffen werden möchte. Es läſst sich hieraus leicht berechnen, daſs der Hohofen von Bärum in einer Zeiteinheit über $1\frac{1}{2}$ Mal so viel Wind erhält, als der von Clerval, und daſs folglich die Geschwindigkeit des Windstromes im Obergestell des Ofens von Bärum etwa $1\frac{1}{4}$, im Kohlensacke aber $1\frac{1}{2}$ Mal so groſs ist, als an den entsprechenden Stellen des Ofens zu Clerval. Zwischen Kohlensack und Gestell kommt also, da der Kohlenverbrauch in beiden Oefen ziemlich gleich ist, durchschnittlich, auf einen Gewichtstheil Kohle, $1\frac{3}{8}$ Mal mehr Sauerstoff zur Verbrennung, als in dem letzteren. Daſs dieſs zu einer weit lebhafteren Verbrennung und zur Bildung einer gröſseren Menge Kohlensäure (zugleich auch besseren Brennmaterial-Benutzung) wesentlich beitragen müsse, kann keinem Zweifel unterworfen seyn. Daſs dagegen der schwache Windstrom im Hohofen von Clerval fast nur Kohlenoxydgas erzeugt, ist hiernach sehr erklärlich, da sich diese Gasart bekanntlich bei jeder unvollkommenen Verbrennung von Kohle bildet. Unterstützt wird die Bildung des Kohlenoxydgases im Ofen von Clerval aber gewiſs auch noch dadurch, daſs sich, wie Ebelmen angiebt, eine nicht unbedeutende Menge Zinkdämpfe bei der Verschmelzung der Erze entwickeln. Da metallischer Zinkdampf sich in einer Atmosphäre von Kohlensäure sogleich oxydirt und Kohlenoxydgas erzeugt, so muſs das Verschmelzen sehr zinkischer Erze natürlich die Bildung einer gröſseren relativen Menge von Kohlenoxyd zur Folge haben.

Nach Bunsen's Analysen geben die Gichtgase aus $8\frac{3}{4}'$ Höhe über der Form das Maximum der Wärme bei ihrer Verbrennung. Untersucht man dieses Resultat genauer, so ergiebt sich, daſs an der Lage dieses Maximums hauptsächlich die hier vorhandene gröſsere Menge des Grubengases Schuld sey. In Fig. 4 Taf. III sieh

man diefs durch die Erweiterung des schraffirten Bandes, welches die Grubengasmengen angiebt, dargestellt. Diese vermehrte Grubengas-Entwicklung in der Nähe von *M* erscheint uns etwas unmotivirt. Man sollte meinen, dafs das Kohlenwasserstoffgas, welches doch sicher nur durch eine, den Verkohlungsprocefs fortsetzende Destillation der Holzkohlen, in den *oberen* Schachtteufen entwickelt wird, fast schon ganz, oder doch gröfstentheils entwichen seyn müfste, wenn sich die glühenden Kohlen nur noch 8 bis 9 Fufs von der Form befinden. Hält man daher die Angabe von 2,54 Proc. Grubengas in $8\frac{3}{4}'$ Höhe über der Form für fehlerhaft, oder doch wenigstens für kein normales Resultat, so würde jenes Maximum im Hohofen von Veckerhagen, anstatt bei *M*, bei (*M*) zu liegen kommen. Alsdann findet zwischen den Verlauf der Bänder, welche die relativen Mengen der verschiedenen Bestandtheile der Gichtgase in den Hohöfen von Bärum und von Veckerhagen darstellen, eine viel gröfsere Analogie statt als zuvor, besonders in den Theilen derselben, welche über den entsprechenden Maximum-Linien belegen sind.

---

## V. *Ueber das Temperaturmaximum in einem Hohofen, und über den Effect der erwärmten Gebläseluft;*

*von Th. Scheerer in Christiania.*

---

Im Schachtraume eines jeden in Betrieb stehenden Hohofens giebt es bekanntlich einen Ort, wo die durch das Gebläse unterhaltene Verbrennung am lebhaftesten geschieht, und wo deshalb eine Temperatur entwickelt wird, welche gröfser ist als die an irgend einer anderen Stelle der aus Erz und Kohlen aufgeschichteten Beschickungs-

säule. Die Bestimmung der Temperatur dieses »heifsesten Ortes« ist von mehrfachem Interesse, und wird namentlich erfordert, wenn man den Effect der bis zu einem gewissen Grade erwärmten Gebläseluft berechnen will. Da es bisher unüberwindliche Schwierigkeiten gehabt hat, dieses Temperaturmaximum durch directe Messung zu finden, so habe ich in dem Folgenden einen Versuch gemacht, der Bestimmung desselben durch eine Berechnung möglichst nahe zu kommen.

### I. Bestimmung des durch Verbrennung von Kohle erreichbaren Temperaturmaximums.

Nach Principien, wie sie Mitscherlich [1]) zur Bestimmung der, durch Verbrennung des Wasserstoffgases mit atmosphärischer Luft hervorgebrachten Temperatur angewendet hat, ist es nicht schwer, die folgende Berechnung anzustellen. Bezeichnet man nämlich:

1) mit $a$ das Atomgewicht des zum Verbrennen bestimmten Körpers (wobei das Atomgewicht des Sauerstoffs $=1$ gesetzt ist);
2) - $n$ die Anzahl der Sauerstoffatome, welche in dem Verbrennungsproducte mit 1 Atom des verbrannten Körpers verbunden sind;
3) - $v$ die Wärmecapacität der Gasart, welche das Verbrennungsproduct ausmacht;
4) - $p$ die Temperatur, welche der zum Verbrennen bestimmte Körper hatte, *ehe* die Verbrennung erfolgte;
5) - $q$ die Temperatur des Sauerstoffgases oder der atmosphärischen Luft, je nachdem das eine oder die andere zur Verbrennung diente;

und nimmt man zugleich als bekannt an: 1) dafs 0,2754 die Wärmecapacität des Stickstoffs sey; 2) dafs die atmosphärische Luft aus 23,1 Gwth. Sauerstoff, und 76,9 Gwth. Stickstoff bestehe; und 3) dafs die Anzahl der Pfunde Wasser,

1) Lehrbuch der Chemie, 2. Aufl. S. 200.

die ein Pfund Sauerstoff bei seiner Verbrennung mit irgend einem andern Körper (namentlich mit Kohlenstoff und Wasserstoff) von 0° bis zu 100° C. erhitzt = 29,25 sey; so ist man in den Stand gesetzt zu berechnen, welche Temperatur entstehen mufs, wenn ein bis zu einem gewissen Grade erwärmter Körper in Sauerstoffgas oder atmosphärischer Luft von bekannter Temperatur verbrennt. Nennt man die gesuchte Temperatur des Verbrennungsproductes $T$, so ist:

1) wenn ein Körper von $p^{\circ}$ C. in reinem Sauerstoffgase von $q^{\circ}$ C. verbrennt:

$$T = \frac{1}{n+a}\left[2925 . n . \frac{1}{\varrho} + n . q + a . p\right] \quad \ldots (\mathrm{I})$$

2) wenn ein Körper von $p^{\circ}$ C. in atmosphärischer Luft von $q^{\circ}$ C. verbrennt:

$$T = \frac{23{,}1\left[2925 . \frac{1}{\varrho} + q + \frac{a . p}{n}\right] + 76{,}9 \frac{0{,}2754}{\varrho} q}{23{,}1 \frac{n+a}{n} + 76{,}9 \frac{0{,}2754}{\varrho}} \quad \ldots (\mathrm{II})$$

Alle Kohlen, welche in einem Hohofen von der Gicht bis zu dem im Obergestelle, in der Nähe der Form, liegenden heifsesten Orte herniedergegangen sind, haben natürlich auf diesem Wege durch Verbrennung an der Oberfläche ihr Volum vermindert, und dadurch zugleich schon einen sehr bedeutenden Hitzgrad erlangt, noch *ehe* ihre Verbrennung am heifsesten Orte fortgesetzt wird. Kennte man diesen Hitzgrad, so liefse sich daraus durch die Formel (II) die, am heifsesten Orte entwickelte Temperatur leicht berechnen. Da diefs aber nicht der Fall ist, so mufs man der in Rede stehenden Aufgabe von einer anderen Seite her beizukommen suchen. Es fragt sich nämlich, ob die Formel (II), in gewisser Hinsicht, keines Maximums fähig sey? Ein solches wird aber wirklich eintreten müssen, sobald $p = T$ wird, d. h. sobald die in die Zone des heifsesten Ortes gelangten glühen-
Kohlen schon *vor* ihrer Verbrennung eine so hohe

Temperatur haben, dafs dieselbe durch den Verbrennungsprocefs nicht mehr gesteigert werden kann. Es scheint nun zwar sehr paradox zu klingen: *ein Körper kann so stark erhitzt seyn, dafs seine Temperatur durch Verbrennung nicht mehr zu steigern ist;* allein die Wahrheit dieses Satzes läfst sich sowohl durch directe Folgerung aus der Formel (II) nachweisen, wie auch auf anderem Wege deutlich machen. Der durch Verbrennung von Kohle oder irgend einem anderen Körper hervorgebrachte Hitzgrad ist nämlich theils eine von $p$ abhängige, theils eine davon unabhängige Function, was sich durch die Formel

$$T = C + F_{(p)}$$

ausdrücken läfst. Der von $p$ unabhängige Theil $C$ ist also, sobald nur $p$ veränderlich gedacht wird, constant; der von $p$ abhängige Theil $F_{(p)}$ wächst dagegen, bei jeder Vergröfserung von $p$, um ein Gewisses. Jeder Wachsthum von *p selbst* hat aber, wie man sich leicht überzeugen wird, einen *geringeren* absoluten Wachsthum von der *Function p* zur Folge, und folglich mufs es eine Gränze geben, $C$ sey so grofs es wolle, wo $C + F_{(p)} = p$ wird, oder $F = p$, d. h. wo die Temperatur der durch Verbrennung eines Körpers entwickelten Gasart genau eben so grofs wird, als die Temperatur dieses Körpers vor der Verbrennung war. — Setzt man also in der Formel (II) $p = T$ und entwickelt nach $T$, so erhält man:

$$T = \frac{23{,}1\left[2925\frac{1}{\varrho} + q\right] + 76{,}9\frac{0{,}2754}{\varrho}q}{23{,}1 + 76{,}9\frac{0{,}2754}{\varrho}} \quad . . \text{(III)}$$

nämlich das Temperaturmaximum, welches durch Verbrennung eines Körpers in atmosphärischer Luft von $q^0$ hervorgebracht werden kann, wenn dieser Körper, noch ehe er zur Verbrennung gelangte, durch die Verbrennung eines gleichartigen Stoffes schon möglichst erhitzt

wurde. Für die Verbrennung von Kohle zu Kohlensäure, in atmosphärischer Luft von 0°, ergiebt sich, wenn man in der Formel (III) für $v$ die specifische Wärme der Kohlensäure substituirt:

$$T=2571° \text{ C.},$$

welches also das gesuchte Temperaturmaximum ist, das, unter den *günstigsten* Umständen, durch Verbrennung von Kohle erlangt werden kann. *Die Temperatur an dem heifsesten Orte eines Hohofens kann also, bei Anwendung kalter Gebläseluft, höchstens* 2571° *C. erreichen.*

Plattner [1]) bestimmte, nach einer auf Versuchen begründeten Berechnung, den Schmelzpunkt des Platins zu 2534° C. Es scheint also hiernach nur unter den *günstigsten*, aber wohl schwer zu erreichenden Umständen möglich, Platin durch die Hitze, welche durch Verbrennung von Kohle entwickelt wird, schmelzen zu können. Hr. Geheimer Ober-Bergrath Prössel, Director der Sanitäts-Geschirr-Fabrik in Berlin, theilte mir mit, dafs er Platin in den Brennöfen dieser Fabrik (die ganz wie Porcellanöfen construirt sind) bis zum beginnenden Schmelzen gebracht habe. Hr. Prof. Winkelblech in Cassel hat dagegen, wie er mir sagte, kleine Platinstücke in einem Sefström'schen Gebläseofen zum wirklichen Regulus geschmolzen. Diese Thatsachen ergeben also dasselbe Resultat, wie die hier entwickelte Theorie: *dafs das Maximum der, durch Verbrennung von Kohle in einem Strome gewöhnlicher atmosphärischer Luft, zu erreichenden Temperatur und der Schmelzpunkt des Platins etwa zusammenfallen.*

Aus der Formel (III) läfst sich zugleich der überraschende Schlufs ziehen: *dafs ein, bis über eine gewisse Gränze hinaus erhitzter Körper durch Verbrennung kälter werden kann.* Für Kohle ist diese Gränze na-

1) F. Th. Merbach, die Anwendung der erwärmten Gebläseluft im Gebiete der Metallurgie, S. 300.

natürlich das gefundene Temperatur-Maximum, nämlich 1571° C. Verbrennt z. B. Kohle, welche vor der Verbrennung bis zu 3000° C. erhitzt war, so ist die dabei entwickelte Temperatur nach der Formel (III) =2880° C. In diesem Falle ist also die durch Verbrennung entstandene Kohlensäure 120° C. *weniger* heifs, als es die Kohle vor der Verbrennung war.

2) Bestimmung des Effectes der erwärmten Gebläseluft bei Eisen-Hohöfen.

Der heifseste Ort in einem Hohofen, welcher wahrscheinlich nur einen so geringen Raum einnimmt, dafs wir ihn bei den folgenden Betrachtungen als Punkt annehmen können, kann also, wie im vorigen Abschnitte nachgewiesen wurde, möglicherweise einen Hitzgrad von etwa 2571° C. erreichen. Von diesem heifsesten Punkte aus wird die Temperatur im Schachtraume nach allen Richtungen hin abnehmen; doch wird das Eisen noch an jeder Stelle schmelzen, wo eine 1550° C. übersteigende Temperatur [1]) herrscht. Der eigentliche *Schmelzraum* eines Hohofens wird also, so zu sagen, durch eine Gränzzone von 1550° C. umschlossen seyn; und innerhalb dieser Begränzung wird die Temperatur in allen centrischen Richtungen bis höchstens zu 2571° wachsen. Es kommt nun darauf an zu wissen, welche Veränderung geschehen wird, wenn man, zur Unterhaltung des Gebläsestromes, anstatt Luft von mittlerer Temperatur (0° C.), eine z. B. bis zu 300° C. erhitzte Luft anwendet. Durch die Formel (II) ergiebt sich, dafs diese Veränderung in einer gleichmäfsigen Temperaturerhöhung von 280° C. an allen Theilen des Schachtraumes (der Beschickungssäule) bestehen mufs. Der Hitzgrad des heifsesten Punktes kann also für diesen Fall zu 2851° C. angenommen werden, während der Hitzgrad der Gränzzone des *vori-*

1) Der durch Versuche annäherungsweise ermittelte Schmelzpunkt des grauen Roheisens.

zone des vorigen Schmelzraumes wie 1550 : 1830. Unter der gedachten Voraussetzung, hinsichtlich der Temperaturabnahme rings um den heifsesten Punkt, geschieht die Schmelzung in dem ganzen Raume, in welchem sie bei Anwendung kalten Windes stattfand, durchschnittlich jetzt also (bei 300° C. warmer Luft) schneller, im Verhältnifs von:

$$(2571+1550) : (2851+1830),$$

oder, in reducirter Zahl, wie 1 : 1,13.

Der ganze Vortheil, welcher durch Anwendung ei-r, bis zu 300° C. erwärmten Gebläseluft erfolgt, wird glieh darin bestehen, dafs die absolute Production ei-s Hohofens (wenn man das, bei Anwendung von kal-n Winde, nöthig gewesene Brennmaterial-Quantum bei-hält), ungefähr 2,2 Mal gröfser wird, als dieselbe bei ıwendung 0° warmer Gebläseluft war.

Es ist, bei Berücksichtigung des Angeführten, nun :ht mehr schwierig eine Formel aufzustellen, welche n *Effect* der warmen Gebläseluft allgemein ausdrückt, er mit anderen Worten: wie viel Mal die absolute Proction eines Hohofens durch Anwendung einer bis zu ıem gewissen Grade erwärmten Gebläseluft gröfser wern mufs, als dieselbe bei Anwendung von kaltem Winde ır. Bezeichnet man, wie früher, die Anzahl der Wär-ıgrade, welche die erwärmte Luft besitzt, mit $q$, und nnt man den Effect $E$, so ist:

$$= \frac{2571+q+1550+q}{2571+1550} - 1 + \frac{[2571-(1550-q)]^3}{(2571-1550)^3}$$

ırch Reduction dieser Formel erhält man:

$$E = \frac{q}{2060,5} + \left(\frac{1021+q}{1021}\right)^3 \quad \ldots\ldots \text{(IV)}$$

ılcher Ausdruck die verlangte Allgemeinheit besitzt; für ssen Anwendung aber noch die folgenden Erinnerunn nöthig sind.

Man bedient sich der vortheilhaften Wirkung der ırmen Gebläseluft niemals auf die Weise, dafs man

dasselbe Brennmaterial-Quantum beibehält, welches bei Anwendung kalten Windes erfordert wurde, und dadurch die absolute Production direct bis zu einem solchen Grade erhöht, wie die Formel (IV) angiebt; sondern man zieht es vor, jenes Brennmaterial-Quantum mehr oder weniger zu vermindern, und zuweilen selbst in dem Maafse, dafs die Production des Hohofens dadurch beinahe wieder zu 1, d. h. zu der bei kaltem Winde erhaltenen Production, reducirt wird. Bei den meisten Hohöfen hat man es jedoch so eingerichtet, dafs sowohl die Production um ein Gewisses erhöht wird, wie auch, dafs gewisse Procente des früher verbrauchten Brennmaterials gespart werden. Will man also, unter solchen Umständen, den wahren Effect der warmen Gebläseluft berechnen, so mufs man natürlich nicht blofs auf die vermehrte Production, sondern auch auf die Brennmaterial-Ersparung Rücksicht nehmen. Es geschieht diefs auf folgende Art. Angenommen, ein Hohofen habe durch Anwendung heifser Luft eine $1\frac{1}{2}$ Mal so grofse absolute Production als früher erlangt, und die zugleich eingetretene Ersparung an Brennmaterial betrüge $\frac{1}{4}$, d. h. 25 Procent; wie grofs würde nun der wahre Effect der heifsen Gebläseluft in diesem Falle seyn? Hätte man, bei Anwendung kalter Luft, nur $\frac{3}{4}$ des eigentlich erforderlichen Brennmaterials verbraucht, so würde die absolute Production natürlich auch nur etwa $\frac{3}{4}$ von der früher erhaltenen gewesen seyn. Da man aber, durch Anwendung der warmen Gebläseluft, unter diesen Umständen jetzt eine Production erhält, welche $=1\frac{1}{2}$ der früheren ist, so ist es klar, dafs der Effect der erwärmten Luft eigentlich in diesem Falle $\frac{1\frac{1}{2}}{\frac{3}{4}}=2$ gewesen ist. Nennt man also die Ersparung an Brennmaterial $b$ (das bei Anwendung kalter Luft verbrauchte Quantum $=1$ gesetzt), und den Coëfficienten, welcher die zugleich erfolgte Productionsvermehrung ausdrückt, $c$, so hat man:

$$E = \frac{c}{1-b} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{(V)}$$

mit Hülfe welchen Ausdrucks man nun erst im Stande ist zu untersuchen, ob die, durch die Formel (IV) *berechneten* Effecte auch wirklich mit der *Erfahrung* übereinstimmen.

Walter de St. Ange und le Blanc geben in ihrem bekannten Werke über den Eisenhüttenbetrieb an, dafs man bei allen englischen und schottischen Hohöfen, wo man bis zu etwa 322° C. (dem Schmelzpunkte des Bleies) erwärmte Gebläseluft angewendet hat, folgende Durchschnitts-Resultate erhielt: 1) die absolute Production wurde um 50 Proc. vermehrt, und 2) die Ersparung an Brennmaterial betrug 0,33 bis 0,40, im Durchschnitt also 0,366 des früher gebrauchten Kohlenquantums. Der *wahre* Effect ist also hier, nach Formel (V), =2,36 gewesen, und der nach der Formel (IV) *berechnete* =2,31.

Auf der Saigerhütte in Rheinpreufsen hat man, durch Anwendung einer bis zu 210° C. erwärmten Luft, 16 Proc. Kohlen gespart, und die Production um 57 Proc. vermehrt. Der wirkliche Effect war also =1,87; der berechnete ist =1,79.

Auf dem Hüttenwerke Brefven in Schweden hat man eine erwärmte Gebläseluft von durchnittlich 145° C. angewendet. Man sparte hierdurch etwa 19 Proc. Kohlen, und vergröfserte die Production um 13,87 Proc. Wirklicher Effect =1,71; berechneter Effect =1,52.

Auf dem Hüttenwerke Åker in Schweden hatte der angewendete warme Wind eine Temperatur von 100° C., und man erreichte hierdurch eine Kohlenersparnifs von etwa 20 Proc., ohne jedoch zugleich eine Productionsvermehrung zu erzielen. Der wirkliche Effect =1,25; der berechnete =1,34.

Auf dem Hüttenwerke Morgenröthe in Sachsen hatte die erwärmte Luft eine Temperatur von 250° C. Man

ersparte 23,28 Proc. Kohlen und vermehrte die Production um 29 Proc. Wirklicher Effect =1,70; berechneter Effect =1,97.

Es würde nicht schwierig seyn, noch viele solcher, mit den Resultaten der entwickelten Theorie mehr oder weniger gut übereinstimmenden Beispiele anzuführen, jedoch können die vorhandenen genügen, besonders da das aus Walter und le Blanc's Werke citirte Beispiel ein, bei einer grofsen Anzahl von Hohöfen erhaltenes Durchschnitts-Resultat abgiebt. Allerdings fehlt es auch nicht an Beispielen, welche durchaus nicht mit der hier aufgestellten Theorie harmoniren. So hat man z. B. beim Hüttenwerke Kiefer in Tyrol, durch Anwendung einer 270° bis 280° C. warmen Gebläseluft, keinen anderen Vortheil, als eine um 2,72 Proc. vergröfserte Production erlangt. Dergleichen paradoxe Resultate können jedoch wohl nur als Ausnahmen betrachtet werden, deren wahrer Grund nicht bekannt ist. Im Allgemeinen dürfte es daher durch die entwickelte Theorie wahrscheinlich gemacht seyn: *dafs der ganze Effect, den die warme Gebläseluft auf den Hohofenprocefs ausübt, in genügender Art durch die gröfsere Wärme erklärt werden kann, welche durch sie in den Ofenraum gebracht wird, ohne dafs es nöthig ist, bei dieser Erklärung andere Hypothesen zu machen, als die, dafs die Wärme, rings um den heifsesten Ort eines Hohofens, in einer einfachen arithmetischen Progression abnimmt.*

---

## VI. *Ueber den färbenden Bestandtheil des Feuersteins, Carneols und Amethystes; von W. Heintz.*

Dafs der Feuerstein seine Farbe Körpern organischer Natur verdankt, ist schon seit langer Zeit allgemein angenommen. Nicht nur der Geruch, welcher beim Feuerschlagen und beim Zerreiben des Feuersteins erzeugt wird, und die Zerstörung der Farbe vieler Sorten desselben, wenn man ihn bei Luftzutritt heftig glüht, sprechen dafür, sondern auch Ehrenberg's glänzende Entdeckung, dafs er aus den Kieselpanzern mikroskopischer Thierchen gebildet ist. Dennoch scheint es mir nicht uninteressant die Versuche hier anzuführen, durch welche ich den Kohlenstoffgehalt desselben direct nachzuweisen vermochte, obgleich sie eigentlich dazu dienen sollten, die beim Amethyst und Carneol zu demselben Zweck anzuwendende Methode zu prüfen.

Die Resultate derselben bestätigen zugleich die Verschiedenheit des Jurafeuersteins und des von Rügen. Denn es war nicht möglich jenen durch Glühen im Sauerstoffgase vollständig zu entfärben, wogegen dieser dadurch vollkommen weifs wurde.

Die Versuche geschahen auf folgende Weise:

Der Feuerstein, Carneol und Amethyst wurden zwischen starkem Papier in Stücke von solcher Gröfse zerklopft, dafs sie mit Leichtigkeit in ein gewöhnliches Verbrennungsrohr gebracht werden konnten. Sie wurden darauf von dem feinen Pulver und anhaftenden Papierstücken theils durch sorgfältiges Aussuchen, theils durch Abwaschen befreit.

25 bis 30 Grammen dieser so vorgerichteten Substanzen wurden in ein an beiden Enden offenes, bis zu

$\frac{1}{3}$ seiner Länge mit Kupferoxyd angefülltes Verbrennungsrohr gebracht, so dafs sie das mittlere Drittel desselben einnahmen. Das hintere Drittel blieb frei, und wurde mittelst eines Korks mit einem Apparat verbunden, der mit dem von Erdmann und Marchand zur organischen Analyse angewendeten vollkommen übereinstimmt, nur dafs die Stelle ihrer Spirituslampe ein gewöhnlicher Liebig'scher Ofen vertrat. Zur Bestimmung der Kohlensäure wurde, aufser dem Liebig'schen Kaliapparat, ein mit geschmolzenem kaustischen Kali gefülltes Rohr angewendet, welches dazu diente, die durch jenen etwa noch hindurchgehende Kohlensäure, so wie das durch den Gasstrom aus ihm fortgerissene Wasser aufzunehmen.

Durch einen Strom trockner atmosphärischer Luft wurde die Substanz sowohl wie das Kupferoxyd, welche beide übrigens so heifs in das Rohr gebracht wurden, dafs sie kaum noch Wasser enthalten konnten, vollständig getrocknet, was durch Wärme noch beschleunigt wurde. 30 Grammen eines nicht sehr dunklen Feuersteins vom Jura, auf diese Weise im Sauerstoffgase heftig geglüht, gaben:

0,011 Grm. Kohlensäure und
0,342 - Wasser.

Die geringe Quantität Kohlensäure, welche ich hier erhielt, entspricht dennoch wahrscheinlich der ganzen Menge des Kohlenstoffgehalts dieses Feuersteins; denn wenn auch seine Farbe kaum verändert schien, so waren dennoch sämmtliche Stücke im Innern vollkommen weifs. Es scheint daher nicht allein organische Substanz Ursache der Färbung dieses Feuersteins zu seyn; wenigstens wäre nicht einzusehen, wie sie im Innern der Stücke durch Hitze und Sauerstoff zerstört werden könnte, während sie gerade auf der Aufsenseite diesen Agentien Widerstand leistete. Dagegen erhielt ich aus 30 Grammen eines ziemlich hellen Feuersteins von Rügen:

0,073 Grm. Kohlensäure und
0,331 - Wasser.

Diefs entspricht 0,0199 Grm. oder 0,066 Proc. Kohlenstoff
und 1,103 Proc. Wasser.

Eben so viel eines anderen sehr dunklen Feuersteins von demselben Fundorte gab:

0,0802 Grm. Kohlensäure und
0,3895 - Wasser

was entspricht 0,0219 Grm. oder 0,073 Proc. Kohlenstoff und 1,298 Proc. Wasser. Beide waren nach dem Glühen vollkommen weifs.

Es ist höchst wahrscheinlich, dafs der Wasserstoff wenigstens zum gröfsten Theil als Wasser in dem untersuchten Feuerstein enthalten war. Denn wenn man die gefundenen Zahlen in Atomverhältnissen ausdrücken wollte, so würden, nach den beiden Analysen, auf 1 Atom Kohlenstoff etwa 22 bis 24 Atome Wasserstoff kommen, welches Verbindungsverhältnifs zu abnorm ist, um irgend annehmbar zu seyn.

Nachdem ich mich so überzeugt hatte, dafs auf diesem Wege der Kohlenstoff in den genannten Mineralien nachgewiesen werden könne, schritt ich zur Untersuchung des Carneols.

Dieser ist schon früher Gegenstand einer Arbeit von Gaulthier de Claubry [1]) gewesen. Seine Versuche geschahen auf folgende Weise. Der Carneol wurde fein gerieben (auf welche Weise wird nicht angeführt), dann mit Kupferoxyd gemengt und geglüht. 100 Grm. desselben gaben 29 Kubikcentim. Kohlensäure, was etwa 0,057 Grm. Kohlensäure entsprechen würde oder 0,0155 Grm. Kohlenstoff. Aus der Erzeugung dieser geringen Menge Kohlensäure den Schlufs zu ziehen, dafs irgend eine organische Substanz Ursache der Färbung des Carneols sey, ist wohl etwas gewagt, weil beim Pulvern des Minerals leicht kohlenstoffhaltige Körper an demselben haften bleiben konnten, woher diese Kohlensäurebildung erklärt werden dürfte. Aufserdem hat de Claubry Carneol angewendet, der angeschliffen, also vielleicht

1) *Annales de chim. et de phys. L*, p. 436.

mit Oel durchzogen war. Er hat nun zwar den Versuch gemacht, ihn durch Kochen mit Kali von demselben zu befreien, indessen möchte diefs wohl nur unvollkommen geschehen können. Diese Bedenken rechtfertigen die folgende Arbeit.

Meine Untersuchung eines durchaus nicht angeschliffenen, sehr dunklen Carneols aus der Gobinskoi-Steppe in China stimmt nicht mit der von de Claubry überein. Denn 25 Grm. des auf die oben angeführte Weise in Sauerstoff geglühten Steines gaben mir nur 0,003 Grm. Kohlensäure, welche 0,00082 Grm. oder 0,00328 Proc. Kohlenstoff entsprechen. Es ist wohl nicht zu bezweifeln, dafs dieser geringe procentische Gehalt an Kohlenstoff auf die Färbung des Steins keinen Einflufs haben kann. Er hat seinen Ursprung gewifs den trotz des sorgfältigsten Reinigens desselben nicht vollkommen entfernten organischen Unreinigkeiten zu verdanken. Dafs aber der in demselben etwa enthaltene Kohlenstoff vollständig zu Kohlensäure verbrannt seyn mufste, dafür bürgen folgende Eigenschaften des geglühten Steins.

Die Stücke waren undurchsichtig, auf der Oberfläche entweder braunroth oder weifs, im Innern ohne Ausnahme weifs gefärbt. Braunroth waren besonders die Flächen, welche vor dem Zerschlagen des Steins seine Oberfläche bildeten.

Wenn aber auch nur geringe Mengen Kohle unverbrannt geblieben wären, so wäre eine grauliche Färbung nothwendige Folge davon gewesen.

An Wasser enthielten die von mir untersuchten 25 Grm. Carneol 0,0978 Grm. oder 0,391 Proc.

Durch eine Analyse suchte ich darauf den färbenden Bestandtheil des Carneols zu bestimmen.

Um ihn zu pulvern, wurde er in steifes Papier gewickelt und in einem eisernen Mörser mit der Vorsicht zerschlagen, dafs er nicht in unmittelbare Berührung mit ihm kam. Durch ein Sieb wurde das Feine

vom Groben gesondert, und diese Operation so lange wiederholt, bis die gehörige Menge des Steins in ein feines Pulver verwandelt war. 15 Grm. desselben, mit Flufssäure aufgeschlossen, gaben:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 0,0075 | Grm. | Eisenoxyd | =0,050 | Proc. |
| 0,0122 | - | Thonerde | =0,081 | - |
| 0,0042 | - | Magnesia | =0,028 | - |
| 0,00064 | - | Kali | =0,0043 | - |
| 0,0113 | - | Natron | =0,075 | - |

Mangan konnte auf keine Weise gefunden werden.

Diese Untersuchung zeigt, dafs die Farbe des Carneols wirklich von einem Eisengehalt herrührt; denn kein anderer der darin gefundenen Stoffe vermag gefärbte Verbindungen hervorzubringen. Wie aber das Eisen in dem Carneol enthalten ist, darüber möchte wohl nicht so leicht Aufschlufs gegeben werden können. Doch am wahrscheinlichsten ist es als freies Eisenoxyd darin.

Die Erscheinung aber, dafs durch Hitze die Farbe des Carneols bedeutend schwächer wird, wenn nicht ganz verschwindet, findet leicht ihre Erklärung. Im ungeglühten nämlich durchsieht man die ganze Dicke des Stücks, weil nirgends durch ein anderes eingeschaltetes Medium dem Licht ein Hindernifs entgegengesetzt wird. Der geglühte dagegen ist von unendlich vielen höchst feinen Rissen durchzogen, welche das Licht nicht allein gröfstentheils verhindern, den Stein zu durchdringen, sondern auch es so zerstreuen, dafs dadurch der Eindruck von Weifs entsteht.

Den Amethyst, welchen ich zu meinen Untersuchungen anwendete, verdanke ich der Güte des Hrn. Professor G. Rose. Leider war sein Fundort nicht genau bekannt. Ich kann nur angeben, dafs er von Brasilien stammt. Er war besonders wegen seiner sehr dunklen Farbe geeignet zu Auffindung des gewifs nur in geringer Menge in demselben enthaltenen färbenden Stoffs.

Durch Hitze zerspringt, wie bekannt, der Amethyst und wird dann entfärbt. Die Temperatur, bei welcher diefs geschieht, ist etwa 250° C. Zuerst schien es mir wichtig, die Annahme zu prüfen, dafs Mangangehalt die Ursache der Farbe des Amethystes sey. Ich schmolz daher 9 Grm. desselben, der auf dieselbe Weise, wie oben vom Carneol erwähnt ist, gepulvert worden war, in zwei Portionen mit kohlensaurem Natron im Platintiegel, schied die Kieselsäure auf die gewöhnliche Weise ab, und fällte das Eisen mit bernsteinsaurem Ammoniak. Auf diese Weise erhielt ich 0,016 Grm. Eisenoxyd. In der abfiltrirten Flüssigkeit gab Schwefelwasserstoff-Ammoniak noch einen schwarzen Niederschlag, der, in Salpetersäure kochend gelöst, mit Kali gefällt und geglüht, 0,004 Grm. wog. Ich schlug diesen Weg ein, weil ich die Unmöglichkeit einsah, so geringe Mengen Eisenoxyd von etwa vorhandenem Mangan genau zu scheiden. Auf diese Weise liefs sich noch die Färbung, die dieser Niederschlag dem kohlensauren Natron, womit er geschmolzen wurde, mittheilte, mit der vergleichen, welche eine gleiche Menge kohlensaures Natron durch eine gewogene Quantität Manganoxydoxydul erhielt. Natürlich brauchte ich nur den durch Schwefelwasserstoff-Ammoniak entstandenen Niederschlag auf die angegebene Weise zu behandeln, da in dem durch bernsteinsaures Ammoniak erhaltenen Eisenoxyd unmöglich Mangan enthalten seyn konnte.

Aus den Versuchen folgte, dafs das im Eisenoxyd enthaltene Mangan das kohlensaure Natron noch nicht so stark färbte, wie ein Milligramme Manganoxydoxydul, das übrigens, um die Versuche ganz übereinstimmend zu machen, mit drei Milligrammen Eisenoxyd versetzt war; aber eine grünliche Färbung war nicht zu verkennen. Dessen ungeachtet ist dieser Versuch wohl hinreichend, zu darzuthun, dafs Mangan nicht der färbende Bestandtheil des untersuchten Amethystes seyn kann, denn es war

höchstens $\frac{1}{100}$ Proc. Mangan in demselben enthalten, welche geringe Menge unmöglich eine so intensive Farbe hervorbringen kann.

Mehr noch als diese Analyse spricht dafür die folgende.

20,345 Grm. eines leider bedeutend heller, doch auch noch intensiv gefärbten Amethystes von demselben Fundorte wurden mit Fluorwasserstoffsäure aufgeschlossen, der nicht bedeutende Rückstand in Salzsäure gelöst, mit Salpetersäure gekocht und mit Ammoniak gefällt. Das niedergeschlagene Eisenoxyd betrug 0,004 Grm. In der abfiltrirten Flüssigkeit war selbst nach langer Zeit kein Niederschlag von Schwefelmangan zu erhalten. Wenn also in diesem Amethyst Mangan enthalten war, so mufste es zugleich mit dem Eisenoxyd niedergeschlagen worden seyn. Ich schmolz daher dieses mit kohlensaurem Natron in einem Platintiegel, konnte aber keine oder doch nur eine so schwache Färbung erhalten, dafs ein Unbefangener gewifs nicht auf den Mangangehalt der geschmolzenen Masse geleitet worden wäre.

Uebrigens gab mir die Analyse folgende Zahlen:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Eisenoxyd | 0,0040 Grm. | =0,0197 | Proc. |
| Kalkerde | 0,0048 - | =0,0236 | - |
| Talkerde | 0,0027 - | =0,0133 | - |
| Natron | 0,0085 - | =0,0418 | - |

Merkwürdig und wichtig ist, auch in Beziehung auf Bestimmung des färbenden Stoffs des Amethystes, sein Gehalt an Natron, überhaupt an starken Basen, und es ist nun nicht mehr so unwahrscheinlich, wie früher, dafs das Eisen, mit der gröfstmöglichen Menge Sauerstoff verbunden, die Säure ist zu den gefundenen starken Basen. Wenn demnach Eisensäure der färbende Bestandtheil des Amethystes ist, was schon früher als Vermuthung von Prof. Poggendorff ausgesprochen ist [1]), so erklärt sich dadurch leicht die vollkommene Zerstörung der Farbe

1) Poggendorff's Annalen, Bd. LIV S. 377.

desselben in der Hitze durch ihre Zersetzung. Zwar geschieht jene Entfärbung erst bei etwa 250° C., während nach Frémy eine verdünnte Auflösung des eisensauren Kalis schon durch bloſses Kochen entfärbt wird; aber Prof. H. Rose hat in neuerer Zeit gezeigt, daſs concentrirte Auflösungen desselben gekocht werden können, ohne daſs sie sich entfärben [1]). Freilich werden sie nach dem Kochen schneller zersetzt, als es geschieht, wenn sie nicht gekocht werden.

Wenn die Nachricht richtig ist, daſs in früheren Jahren in Frankreich durch Erhitzen des Amethystes ein Stein dargestellt worden ist, der dem Topas an Farbe ganz ähnlich war, so spricht diese Umwandlung des Violett in Gelb sehr für die oben angeführte Ansicht. Sie würde sich durch Reduction der Eisensäure zu Eisenoxyd erklären lassen. Ich versuchte daher einen geschliffenen Amethyst zu entfärben, ohne ihm seine Durchsichtigkeit zu rauben. Zu dem Ende füllte ich einen Tiegel mit Kohlenpulver und senkte den Amethyst in dasselbe hinein. Darauf erhitzte ich ihn sehr allmählig bis über die Temperatur, welche seine Entfärbung bedingt. Es ist mir zwar nicht gelungen ihn vollkommen klar zu erhalten; dennoch zeigte er, ungeachtet er opalisirend war, im durchfallenden Lichte eine deutlich gelbe Farbe.

Der so eben entwickelten Ansicht entgegen steht noch eine andere, welche widerlegt werden muſste, wenn jene bei dem jetzigen Standpunkte der Untersuchungen über diesen Gegenstand als die richtige angenommen werden sollte. Es ist dieſs die Annahme, daſs organische Substanzen die Farbe des Amethystes bedingen.

Um sie zu widerlegen, wurden 30 Grm. Amethyst auf dieselbe Weise, wie schon oben vom Feuerstein und Carneol erwähnt ist, im Sauerstoff geglüht. Ich erhielt daraus 0,003 Grm. Kohlensäure und 0,0168 Grm. Wasser.

0,003 Grm. Kohlensäure entsprechen 0,000819 Grm.

1) Poggendorff's Annalen, Bd. LIX S. 319.

Kohlenstoff. 100 Th. Amethyst gaben also 0,00273 Kohlenstoff. Auch hier kann die geringe Quantität Kohlenstoff, die, beiläufig bemerkt, mit der aus dem Carneol erhaltenen ziemlich genau übereinstimmt, wohl eher geringen, trotz aller Vorsicht anhaftenden Mengen organischer Substanzen zugeschrieben werden, als dafs sie zu der Behauptung berechtigte, im Amethyst sey der gefundene Kohlenstoff, und zwar in einer färbenden organischen Verbindung vorhanden gewesen. Auch müfste, wenn diese Ansicht nur irgend Wahrscheinlichkeit haben sollte, der durch Glühen im Sauerstoff entfärbte Amethyst eine andere Farbennüance zeigen, als der, welcher nur gerade so stark erhitzt worden war, dafs er entfärbt wurde. Denn in diesem Falle konnte unmöglich der ganze Kohlegehalt verbrannt seyn. Es hätte also die Farbe durch den unverbrannten Kohlenstoff modificirt werden müssen. Beide waren aber mit demselben Stich in's Gelbliche opalisirend.

Aus den erwähnten Versuchen geht hervor, dafs der Feuerstein zwar durch organische Substanzen gefärbt ist, dafs dagegen diefs beim Carneol und Amethyst nicht der Fall ist. Jener erhält seine Farbe von einem Gehalt an Eisen, welches wohl als Oxyd darin seyn möchte. Bei diesem aber ist höchst wahrscheinlich eine eisensaure Verbindung die Ursache seiner eigenthümlichen Färbung.

---

## VII. *Ueber die Theorie der Gletscher; vom Rathsherrn Peter Merian in Basel.*

(Schlufs von Seite 444 dieses Bandes.)

### 4) Die Saussure'sche Theorie der Gletscher.

Das Vorrücken der Gletscher geschieht, nach der von Altmann zuerst aufgestellten und von Saussure näher

entwickelten Theorie, durch ihr eigenes Gewicht. Wenn die Stellen, an welchen der Gletscher auf der abschüssigen Unterlage aufliegt, allmälig abschmelzen, so bewirkt die von oben aufdrückende Last ein Vorrücken thalabwärts. Die Ungleichheiten der Unterlage, worüber der Gletscher weggleitet, oder auch die unregelmäfsige Gestaltung der Seitenwände, neben welchen der Gletscher vorgeschoben wird, bewirken die Entstehung von den Spalten, die den Gletscher durchziehen. Die Spalten ganz oder theilweise abzuleiten von einer Spannung der Masse, die durch ungleichmäfsige Vertheilung der Temperatur in ihrem Innern entstehen soll, ist unstatthaft, weil, wie oben näher entwickelt worden ist, Alles darauf hinweist, dafs der ganze Gletscher in seinem Innern die gleichmäfsige Temperatur von 0° besitzt.

Dafs die Gletscher an ihrer Auflagerungsfläche im Abschmelzen begriffen sind, beweist die unmittelbare Erfahrung an allen Stellen, wo man unter den Gletscher hat eindringen können. Unter vielen Gletschern ziehen sich zwischen dem Boden und dem Eise Höhlungen hindurch, als unmittelbarer Beweis der hier vor sich gehenden Abschmelzung. Die Eisgewölbe, unter welchen die Gletscherbäche am unteren Ende vieler Gletscher hervorkommen, sind allgemein bekannt, so z. B. die des *Glacier des Bois* im Chamounithal, des Rhonegletschers, des Zermattgletschers, welches letztere Agassiz (*Etudes sur les Glaciers*, Tafel VI) abbildet u. a. m. Es ziehen sich diese Gewölbe öfter weit unter die Gletscher hinein, und verzweigen sich auf mannigfache Weise. Einen Beweis davon liefert das bekannte Abentheuer des Wirths Christian Bohren, welcher im Juli 1787 auf dem oberen Grindelwald-Gletscher in eine 64 Fufs tiefe Spalte stürzte, und trotz seines gebrochenen Arms glücklich einen Ausweg fand, indem er in dem Bette des Bachs unter dem Gletscher heraufkroch (Wyfs, Reise in's Berner Oberland, S. 653). Hugi beschreibt (Alpen-

penreise, S. 261) die Gewölbe unter dem *Urazgletscher*, am Fuſse des Titlis, in welchen er während $1\frac{3}{4}$ Stunden herumgekrochen ist. Die ganze Gletschermasse ruhte hier auf einer unzähligen Menge kleinerer und gröſserer unregelmäſsig vertheilter Pfeiler, wie Altmann sich die Sache vorgestellt hat. Ganz übereinstimmende Wahrnehmungen machte er am *Oberaar-*, *Viescher-* und *Gasterngletscher*, wo es ihm ebenfalls gelang ziemlich weit unter die Eismasse vorzudringen. Die Endpunkte dieser Gletscher liegen nach seinen Beobachtunge in 7000, 4154 und 5341 Fuſs Meereshöhe (S. 350 und 339). Auch Ennemoser konnte im Bette des Baches, der aus dem *Pfeldererglelscher* in Tyrol hervorkommt, sehr weit aufwärts gelangen, und sah noch immer das Eisgewölbe sich fortziehen (Bischof, Wärmelehre, S. 111). Es nehmen diese Höhlungen wahrscheinlich an Umfang ab, je höher der Gletscher ansteigt; daſs sie aber auch an hoch gelegenen Punkten noch existiren müssen, beweisen die starken Gletscherbäche, die auch dort noch durch Spalten in die Tiefe stürzen und ungehindert abflieſsen. Sehr oft kann man durch die Spalten das Rauschen der unter dem Eise fortströmenden Bäche vernehmen. Am augenscheinlichsten wird das Vorhandenseyn von zusammenhängenden Höhlungen, die unter dem ganzen Gletscher sich fortziehen, durch jene oben erwähnten, oft hoch am Gletscher liegenden Gletscherseen bewiesen, die gewöhnlich in kurzer Zeit sich leeren, und dann plötzlich die am Ende der Gletscher abflieſsenden Bäche beträchtlich anschwellen.

Die Urachen, welche das Abschmelzen an der unteren Fläche der Gletscher bewirken, sind: das von auſsen in die Klüfte des Gletschers eindringende Wasser, die eindringende warme Luft, die Wärme des Erdbodens, und endlich die Quellen, die unter dem Gletscher entspringen.

Unter diesen Ursachen ist wohl die wirksamste das

Abschmelzen durch die an den Boden des Gletschers gelangenden Wasser. Agassiz (*Etudes*, *p.* 206) fand die Temperatur der kleinen Wasserrinnen und Bäche auf der Oberfläche der Gletscher immer sehr genau auf 0°, so lange sie auf reinem Eis flossen, welches auch die Wärme der umgebenden Luft seyn mochte; sobald sie aber auf der Oberfläche des Gletschers über Sand und Kies rieselten, stieg ihre Temperatur höher, bis zu + 0°,6 R. Eben so verhielt es sich mit dem in den oberflächlichen Vertiefungen des Gletschereises sich ansammelnden Wasser. Bestanden deren Wände aus reinem Eis, so war das Wasser immer auf 0°, sie mochten klein, oder sehr weit und tief seyn; sobald aber der Boden mit Schlamm, Sand oder Kies bedeckt war, stieg die Temperatur des Wassers bei warmer Lufttemperatur höher, bis zu + 1°,2 R. Das aus dem Abschmelzen des oberflächlichen Eises entstandene Wasser wird folglich, wenn es durch die Klüfte des Gletschers abfliefst, zum Abschmelzen des Eises im Innern seiner Masse und auf dem Boden beitragen. In viel höherem Maafse wird das bei dem Wasser der Fall seyn, welches über die von Schnee entblöfsten, den Gletscher einschliefsenden Thalwände demselben zuströmt und unter seine Masse sich versenkt. Das auf die Oberfläche des Gletschers herabfallende und von den Seiten ihm zufliefsende Regenwasser wirkt auf ähnliche Weise.

Ferner wirkt abschmelzend die Luft, welche unter den Gletscher eindringt. Die in den Zwischenräumen des Gletschers enthaltene, auf 0° stehende Luft wird mit der äufseren, zur Sommerszeit stärker erwärmten Luft sich in's Gleichgewicht zu setzen suchen. Sie wird, wie die Luft in den Bergwerken, in den abwärts geneigten Kanälen in die Tiefe sinken, zu den unten liegenden Oeffnungen ausströmen, während die wärmere äufsere Luft durch die höher liegenden Oeffnungen eingesogen wird, und, indem sie durch die Höhlungen des Eises

dringt, zu deren Erweiterung durch Abschmelzung beiträgt. Wie bei den Luftzügen der Bergwerke ist dieser Luftwechsel in den hohlen Räumen unter dem Gletscher, und der an gewissen Stellen ausströmende Gletscherwind um so stärker, je gröſser der Temperaturunterschied zwischen der äuſseren und inneren Luft ist. Er nimmt an Stärke zu bei sehr warmen Tagen, ist häufig unmerklich des Morgens und wächst gegen den Mittag. Im Uebrigen sind diese Luftzüge natürlicherweise sehr abhängig von der Gestaltung der unter dem Gletscher sich durchziehenden Höhlungen. Sinkt die Temperatur der äuſseren Luft merklich unter den Eispunkt, so kann die Richtung der Luftströmungen auch im entgegengesetzten Sinne eintreten und erkältend im Innern des Gletschers einwirken, wie wir bereits oben bemerkt haben. Diese Einwirkung ist aber ungleich beschränkter, weil durch das eintretende Gefrieren des durchsickernden Wassers die kalte Luft den ferneren Zugang in das Innere des Gletschers sich bald selbst verstopft. Im Winter kommt noch dazu die bedeckende äuſsere Schneehülle, welche die Zugänge zu den Höhlungen des Gletschers von auſsen ebenfalls verschlieſst.

Die Wärme des Erdbodens muſs ebenfalls zum Abschmelzen an der unteren Fläche der Gletscher beitragen, wenn auch nicht in dem Maaſse, wie Saussure es sich scheint vorgestellt zu haben, zu einer Zeit, wo man über die Vertheilung der Wärme im Innern des Erdkörpers noch wenig bestimmte Erfahrungen besaſs. Diese Ursache ist aber von Einfluſs, weil sie an allen Punkten, wo das Gletschereis aufliegt, und zu jeder Jahreszeit, ungefähr gleichmäſsig sich äuſsern muſs. Die Thatsache, daſs die Wärme des Erdkörpers zunimmt, so wie man in sein Inneres eindringt, bringt als nothwendige Folge mit sich, daſs an allen Punkten der Erdoberfläche Wärme ausströmt, bei dem stattfindenden Vertheilungszustande freilich in so geringer Menge, daſs sie die

mittlere Lufttemperatur eines Ortes nicht merkbar zu erhöhen vermag. Elie de Beaumont (Leonh. und Bronn, Jahrbuch, 1842, S. 855) berechnet, daſs die Wärmeausströmung für Paris jährlich eine 6½ Millimeter dicke Eisrinde zu schmelzen vermag. Es nimmt diese Gröſse zu, wenn die Zunahme der Wärme gegen das Erdinnere, oder wenn die Wärmeleitungsfähigkeit des Erdbodens wächst; die Veränderungen dieser Gröſsen können aber, nach Elie de Beaumont's Ansicht, nicht gar beträchtlich seyn. Dem zufolge würde man, wenigstens näherungsweise, annehmen können, daſs die Wärmeausströmung des Erdbodens unter dem Gletscher ungefähr dieselbe ist. Sie trifft hier, wie wir gesehen haben, eine beständige Temperatur von 0° an, sie wird also vollständig zur Schmelzung des aufliegenden Eises verwendet. Nach diesen Angaben würde sie demnach jährlich 6½ Millimeter Eis an der Grundfläche des Gletschers schmelzen, oder monatlich etwa ½ Millimeter, also im Zeitraum eines Monats nicht mehr Wasser liefern, als ein ganz unbedeutender Regenschauer. Die Annahme, daſs eine der Gröſsen, von welcher die jährliche Wärmeausströmung abhängig ist, nämlich die Zunahme der Wärme des Bodens, wenn man in denselben eindringt, unter dem Gletscher nicht wesentlich abweichen kann, von dem was an anderen Orten beobachtet wird, scheint mir, wenigstens für die unteren Gletscherregionen, sehr unwahrscheinlich. Am Gletscherboden wird ausnahmsweise eine beständige Temperatur von 0° erhalten, während in den Umgebungen die mittlere Bodenwärme eine viel höhere seyn kann. Am Ende des unteren Grindelwald-Gletschers herrscht z. B., wie wir angeführt haben, eine mittlere Lufttemperatur von +5° R.; die mittlere Bodentemperatur ist wahrscheinlich noch höher. Die Vertheilung der Wärme nach dem Erdinnern wird aber hauptsächlich abhängig seyn von der Temperatur, die an der weit ausgedehnteren, vom Gletscher nicht bedeckten

Bodenfläche herrscht. Auf dem verhältnifsmäfsig sehr geringen Flächenraum, der vom Gletschereis bedeckt wird, mufs daher in der äufsersten Erdhülle ausnahmsweise eine stärkere Temperaturzunahme nach innen eintreten. In gleichem Verhältnisse nimmt aber die Wärmeausströmung zu. Nehmen wir aber auch eine beträchtliche Vervielfachung der von Elie de Beaumont berechneten Gröfse an, der Satz, wozu er gelangt, bleibt richtig, dafs die Abschmelzung, welche in Folge der Wärmeausströmung des Erdkörpers unter dem Gletscher erfolgt, nur einen verhältnifsmäfsig sehr kleinen Beitrag liefert, zu der Wassermasse der Bäche, die aus den Gletschern abfliefsen.

Auf eine mehr mittelbare Weise kann die Erdwärme abschmelzend auf die untere Fläche der Gletscher einwirken, durch die Quellen, die unter dem Gletscher selbst entspringen, und welche, wenn sie aus einer etwas beträchtlichen Tiefe kommen, die wärmere Temperatur der tieferen Erdschichten mit sich bringen. Diese Ursache der Abschmelzung ist eine durchaus örtliche, der Umfang ihres Einflusses kann daher nur sehr schwer beurtheilt werden. Wo die Mitteltemperatur der Oberfläche des Bodens unter 0° sinkt, derselbe folglich in einer gewissen Tiefe fortwährend gefroren bleibt, die atmosphärischen Wasser also nicht mehr eindringen können, müssen auch alle Quellen verschwinden. Nach den Erfahrungen, die man im Norden von Europa gemacht hat, steht in Gegenden, welche einen beträchtlichen Theil vom Jahr mit einer Schneehülle bedeckt sind, die Mitteltemperatur der äufsersten Schicht des Erdbodens immer höher als die Mitteltemperatur der umgebenden Luft, weil der entblöfste Erdboden die Sommerwärme aufnimmt, im Winter hingegen die Schneebedeckung das Eindringen der Kälte hemmt, und überdiefs, wenn der Boden gefroren ist, das Einsickern von Wasser aufhört. In den Alpen, wo ähnliche Verhältnisse obwalten, wird daher die mittlere Bodentemperatur von 0° sich höher hin-

aufziehen, als die mittlere Lufttemperatur von 0°, welche, wie angeführt worden, nach **Bischof** in einer Meereshöhe von 6165 Fuſs anzutreffen ist. Ueber die Höhe, in welcher in den Alpen die Mitteltemperatur des Bodens unter 0° sinkt, fehlen noch genauere Beobachtungen. Jedenfalls muſs daselbst jeder Einfluſs der Quellen aufhören.

Die unter den Gletscher gelangenden Wasser geben nicht einmal unter allen Umständen ihren Temperaturüberschuſs über 0° vollständig ab, bis sie am Ende des Gletschers wieder zu Tage kommen. **Bischof** (Wärmelehre, S. 109) fand den Gletscherbach des *unteren Grindelwald-Gletschers* an seinem Ausflusse auf +0°,4 R., am *oberen Grindelwald-Gletscher* auf +0°,6, und am *Lämmerngletscher* auf der Gemmi auf +0°,2, ungeachtet die beiden letzteren keine Eisgewölbe an ihrem Ende hatten, und das Wasser unmittelbar unter dem Eise hervorkam. Es ist das ein Beweis, daſs ein Wasserstrahl von einiger Stärke den Ueberschuſs von Wärme an das Eis, mit welchem er in Berührung kommt, nur allmälig abgiebt, daſs er daher noch in beträchtlichen Entfernungen von den Punkten, wo er unter den Gletscher eintritt, Abschmelzungen an dessen Grundfläche bewirken kann. **Ennemoser** (**Bischof**, a. a. O.) beobachtete bei sechs Tyroler Gletschern die Temperatur der abflieſsenden Bäche sogar auf +1° R., am *Pfeldderergletscher* auf +1°,7. **Agassiz** (*Etudes*, *p.* 215) fand die Temperatur der *Visp* beim Ausflusse aus dem *Zermattgletscher* des Morgens immer fast genau 0°; während des Tags erhob sie sich aber bis auf +1°,2 R. Eine ganz ähnliche Wahrnehmung machte er am Bache des *Zmuttgletschers*. Es ist daher nicht unwahrscheinlich, daſs die höhere Temperatur bei den Bächen dieser beiden Gletscher hauptsächlich herkommen mag von der gröſseren Wärme, welche die von der Seite zuströmenden, unter die Gletscher sich versenkenden Bäche mitbringen, und

beim Durchflufs durch die Gletschergewölbe nicht ganz verlieren, da sie diese höhere Temperatur nur während des Tages besitzen. Die unter den Gletscher hauptsächlich während des Tages einströmende warme Luft kann jedoch auch von Einflufs seyn. Die *Aar*, beim Austritt aus dem Unteraargletscher, zeigte, nach Agassiz, während des Tages gewöhnlich +0°,8 R.

Die Eisschicht, welche an der Bodenfläche eines Gletschers abschmilzt, mufs an denjenigen Stellen, wo hauptsächlich nur das eindringende Schmelzwasser wirkt, sehr unbeträchtlich seyn, im Verhältnifs zu der Abnahme, die der Gletscher durch das Abschmelzen an seiner Oberfläche erleidet; denn die Schmelzwasser können im günstigsten Falle nur mit einem geringen Temperaturüberschufs über 0° an den Boden des Gletschers gelangen. Die Totaleinwirkung der ausströmenden Erdwärme ist, wie wir gesehen haben, ebenfalls nur gering. Unter günstigen Verhältnissen, namentlich wenn der Zutritt der äufseren warmen Luft lebhaft stattfindet, kann hingegen das Abschmelzen am Boden sehr bedeutend werden. Vom 26. Juni bis zum 10. September 1842 beobachtete Forbes (*Bibl. univ. de Genève, XLII, p.* 364) nahe beim Rande des *Eismeers* im Chamounithal ein Einsenken der Oberfläche des Gletschers von 25 engl. Fufs und 1½ Zoll. In der Mitte des Gletschers war das Einsinken noch bedeutender. Er hat sich überzeugt, dafs dasselbe bei weitem zum gröfsten Theil vom Abschmelzen des Eises an der Bodenfläche herrührte (*p.* 356).

### 5) Würdigung einiger gegen die Saussure'sche Theorie erhobenen Einwürfe.

Ein Einwurf gegen die Theorie des Herabgleitens der Gletscher auf geneigter Grundfläche in Folge ihres eigenen Gewichts, welchen man oft geltend gemacht hat, ist folgender (s. z. B. Charpentier, §. 14): Viele Gletscher ruhen auf einer so stark geneigten Grundflä-

che, dafs nicht abzusehen sey, warum, wenn sie einmal in's Gleiten kommen, dasselbe nicht fortdauere, und die ganze Gletschermasse in die Tiefe stürze. Der Einwurf wäre begründet, wenn ein Gletscher aus einer starren, fest zusammenhängenden Masse bestände, wie z. B. eine Scheibe von Glas, oder ein Felsblock. Ein Körper von dieser Beschaffenheit würde allerdings fortgleiten, wenn sein Gewicht einmal die Reibung am Boden, welche ihn auf einer gleichmäfsig geneigten Grundfläche festhält, überwunden hat; denn die Reibung auf der Grundfläche bleibt beim Fortbewegen eines solchen Körpers ungefähr dieselbe; zu dem Druck von oben, der einmal diese Reibung überwunden hat, kommt die Gewalt der Bewegung selbst; es ist folglich keine Ursache da, welche die einmal eingeleitete Bewegung hemmt, und die ganze Masse stürzt mit beschleunigter Geschwindigkeit in die Tiefe. Die angegebene Beschaffenheit ist aber durchaus nicht diejenige eines Gletschers. Er besteht im Gegentheil aus einer vielfach zerklüfteten, dem Drucke nachgebenden Masse, kann also besser verglichen werden mit einer Anhäufung von Schutt, welcher auf einer geneigten Grundfläche aufliegt, als mit einem zusammenhängenden Felsblock. Der wesentliche Unterschied zwischen einer Schuttmasse aus Felstrümmern und einer Trümmermasse von Eis, wie wir uns den Gletscher denken müssen, ist derjenige, dafs die erstere unverändert dieselbe bleibt, dafs folglich Felsschutt auf geneigter Grundfläche liegen bleibt, wo er einmal sich abgelagert hat, es sey denn, dafs nachfallende Massen den Druck von oben vermehren, oder dafs einsickernde Wasser die Beweglichkeit der einzelnen Theile erhöhen. Eisschutt auf geneigter Grundfläche erleidet aber eine beständige Veränderung durch die fortdauernde Abschmelzung, die an der Auflagerungsfläche vor sich geht. Es löst sich dadurch der Zusammenhang an allen Stellen, wo die Masse auf der Grundlage aufsitzt, und es mufs folglich ein Zeitpunkt eintreten, wo

der Druck von oben den Widerstand an der Grundfläche überwindet und die Masse weiter gleitet. So wie aber das Gleiten eintritt, vermehren sich durch Nachgiebigkeit der ganzen Masse die Berührungsstellen, der Gletscher greift wieder vollständiger ein in die Unebenheiten der Unterlage, der Zusammenhang mit derselben nimmt zu, bis er durch die immer fortschreitende Abschmelzung wieder geschwächt wird. Der Gletscher, bei seiner Fortbewegung, erlangt also niemals ein starkes Bewegungsmoment; die durch das fortwährende Abschmelzen an der Grundfläche eingeleitete Bewegung wird eben so allmälig durch die mit der Bewegung selbst wieder zunehmende Reibung gehemmt, und diese wieder eben so allmälig vermindert. Der Gletscher mufs sich folglich mit gleichmäfsiger langsamer Bewegung fortschieben, so lange das Abschmelzen an der Bodenfläche in gleichem Maafse vor sich geht, und der Druck von oben auf der geneigten Grundfläche derselbe bleibt.

Erlitte die Reibung am Boden nicht auf die angegebene Weise eine beständige Verminderung, so wäre auch kaum zu begreifen, warum bei einem nur etwas mächtigen Gletscher, der auf abschüssiger Unterlage weiter gleitet, die Fortbewegung in der Regel immer in der ganzen Eismasse, vom Boden bis zur Oberfläche gleichmäfsig, stattfindet, und nicht ein oberer Theil des Gletschereises häufig über den unteren weiter gleitet; denn der zu überwindende Zusammenhang im Innern des Gletschereises selbst könnte kaum gröfser seyn, als die zwischen dem Gletscher und seiner Grundfläche. Am allerwenigsten ist ein Unterschied denkbar, wenn, nach Charpentier's Behauptung, die Gletscher am Boden festgefroren wären.

Wir wollen hier die zum Theil höchst unglücklichen Erklärungsweisen nicht berühren, die eine verschiedene Geschwindigkeit in der Bewegung verschiedener über einander liegender Schichten des Gletschereises darzulegen

versuchen; überall, wo man den Gletschern durch directe Beobachtung hat beikommen können, hat sich die gleichmäfsige Fortbewegung in der ganzen Mächtigkeit des Gletschers als Thatsache erwiesen; die angebliche Ungleichmäfsigkeit der Bewegung unter solchen Verhältnissen blofs in diejenigen Stellen zu verlegen, die der directen Beobachtung unzugänglich sind, ist bei physikalischen Erklärungen ein höchst mifsliches Unternehmen. Bewegt sich aber das Gletschereis in der Regel immer seiner ganzen Mächtigkeit nach gleichmäfsig, so ist das einer der directesten Beweise, dafs die Lösung des Widerstandes fortwährend an der Bodenfläche stattfindet, und dafs das eigene Gewicht der Gletschermasse die Ursache ihrer Bewegung ist.

Dafs es übrigens viele Gletscher gebe, die, wie Charpentier behauptet, auf einer mehr als 45° geneigten Grundfläche liegen, bedarf noch der Nachweisung durch genauere Messungen, da bei einer blofsen Schätzung nach dem Augenmaafse in der Beurtheilung der Bergabhänge bekanntlich leicht Irrthümer unterlaufen.

Ein zweiter Einwurf ist dem vorigen gerade entgegengesetzt. Viele Gletscher sollen eine so geringe Neigung der Oberfläche zeigen, dafs bei einem so schwachen Gefälle ein Vorwärtsschieben durch ihr eigenes Gewicht nicht denkbar ist. Auch dieser Einwurf scheint nicht von Erheblichkeit. Es ist noch kein Beispiel eines in Bewegung begriffenen Gletschers nachgewiesen worden, dessen Oberfläche nur in einiger Erstreckung völlig horizontal läge. Der Unteraargletscher wird als ein Beispiel eines sehr wenig geneigten Gletschers angeführt, und doch zeigt seine Oberfläche einen Abfall von 3° und 4°. Elie de Beaumont, welcher sich mit Ausmittlung der Neigung der Gletscher speciell beschäftigt hat, bemerkt ausdrücklich, er kenne in den Alpen keinen Gletscher, der sich in einiger Ausdehnung, z. B. von einer Stunde, auf einer erheblich geringeren Neigung als von 3° be-

wegte (Leonh. und Bronn, Jahrb. 1842, S. 858). Ein Wasserstrom von der Mächtigkeit des Gletschereises, mit einer solchen Neigung seiner Oberfläche, würde eine ganz ungeheure Geschwindigkeit besitzen, und das ja auch nur in Folge des eigenen Gewichts seiner Wassermasse. Auch auf wenig geneigter Fläche mufs folglich das Eis gegen die Tiefe geschoben werden, wenn die Stellen, wo es auf dem Boden aufliegt, zusammenschmelzen. Es sind überhaupt zwei Elemente, welche das Fortrücken eines Gletschers hauptsächlich bedingen: der abwärts wirkende Druck, der wiederum abhängig ist von der Neigung der Bodenfläche und vom Gewicht der aufliegenden Eismasse, und die Gröfse des an dem Boden stattfindenden Abschmelzens. In Folge des Druckes allein bewegt sich der Gletscher so wenig vorwärts, als eine auf geneigter Fläche abgelagerte Schuttmasse, die Abschmelzung am Boden mufs dazu kommen. Ist diese sehr gering, so kann auf sehr geneigter Grundfläche ein Gletscher langsamer vorrücken, als einer von demselben Gewicht, der auf einer viel weniger geneigten Bodenfläche ruht, auf welcher aber das Abschmelzen viel rascher vor sich geht; ist das Abschmelzen aber gleich, so mufs unter denselben Umständen das Vorrücken auf einer geneigten Unterlage allerdings schneller vor sich gehen. Der Einflufs jedes der Elemente, in einem gegebenen Fall, ist freilich schwer zu bestimmen. Wenn Agassiz im Sommer 1842 die mittlere tägliche Bewegung auf dem Aargletscher etwa 3½ Schweizer Zoll gefunden hat (*Comptes rendus, XV, p.* 736), an einem Punkte freilich, der noch nicht fern vom Rande lag, und wo daher der Gletscher nicht die schnellste Bewegung hatte, Forbes hingegen ungefähr zu derselben Zeit diese tägliche Bewegung am Eismeer im Chamounithale von 15 bis 17½ engl. Zoll, gegenüber dem Montanvert sogar von 27 Zoll gefunden hat (*Bibl. univ. de Gen. XLII, p.* 340 und 345), so können wir blofs annehmen, dafs die Geschwindigkeit des Fortschie-

bens an verschiedenen Gletschern eine sehr verschiedene ist, es mangeln uns aber noch alle Thatsachen, um auszumitteln, welchen Antheil an dem so ungleich stärkeren Fortschreiten, was Forbes beobachtet hat, die stärkere Neigung des Eismeers, und welchen die stärkere Abschmelzung am Boden gehabt hat.

Rückt ein Gletscher in verschiedenen Abständen von seinem unteren Ende, aus irgend einer Ursache, mit verschiedener Geschwindigkeit vor, so sind zwei Fälle denkbar. Ein weiter, thalabwärts liegender Theil schreitet schneller vor; dann werden, weil die hinterliegenden Theile nicht nachkommen, eine Menge von Spalten entstehen, und die Längenausdehnung des Gletschers wird in Folge der vielen entstehenden und sich erweiternden leeren Räume zunehmen, während die Gesammtheit der vorhandenen Eismasse dennoch in stetem Abnehmen begriffen ist. Oder ein thalaufwärts liegender Theil des Gletschers bewegt sich schneller, als ein ihm vorliegender. Es wird in diesem Falle ein Druck der hinterliegenden Massen gegen die vorliegenden entstehen, deren erster Effect seyn wird, die vorhandenen Spalten zu schliefsen. Nur bis in eine mäfsige Entfernung wird aber der Druck der hinterliegenden Theile gegen die vorliegenden fühlbar seyn können, und die Geschwindigkeit vermehren, welche diese letzteren für sich annehmen würden; denn die beim Vorrücken über die Grundfläche zu überwindende Reibung wird bald zu grofs werden. Durch den von hinten wirkenden Druck und den weiter abwärts stattfindenden Widerstand, wird dann die ganze Gletschermasse sich aufstauen; die Dicke des Gletschers wird an solchen Stellen zunehmen, bis das mehrere Nachrükken von hinten mit dem vorliegenden Widerstande sich in's Gleichgewicht gesetzt hat. Diese Erscheinung wird vorzüglich eintreten, wo das Bett des Gletschers von einer starken Neigung plötzlich zu einer weit geringeren übergeht. An solchen Stellen wird daher die Dicke des

Gletschers in der Regel bedeutend zunehmen. Auf dem Aargletscher ist die Gegend beim Abschwung eine Stelle, an welcher wir durch das Einsinken und Einknicken des mittleren Theils der Gletscherschichten einen unmittelbaren Beweis von dem erfolgenden Zusammendrängen und Aufquellen der ganzen Masse vor uns haben, und das Alles durch das erfolgende Nachrücken, ohne irgend ein Anwachsen des Gletschereises von innen heraus.

Es erleiden diese Vorgänge noch einige Modificationen durch das Abschmelzen, welches im Gletschereise nicht nur an der Oberfläche und am Boden, sondern in seiner ganzen Masse stattfinden mufs. Namentlich mufs das eintreten durch die Einwirkung der warmen Luft, wenn sie durch die stark zerklüftete Masse eines Gletschers Zutritt findet; ferner durch die von der Oberfläche abfliefsenden Schmelzwasser, und noch in stärkerem Maafse durch die herabfallenden wärmeren Regenwasser, die allerorts durch die Klüfte des Gletschers eindringen. Bei dem oben erwähnten, durch Forbes vom 26. Juni bis zum 10. Sept. 1842 beobachteten so bedeutenden Zusammensinken des Gletschereises am Eismeere des Chamounithals, hat unstreitig diese allseitige Abschmelzung des Eises mächtig mitgewirkt. Es lassen sich dem zufolge Stellen an einem Gletscher denken, wo in Folge einer stärkeren Bewegung der thalaufwärts liegenden Theile die Entfernung zwischen zwei gegebenen Punkten der Oberfläche abnimmt, ohne eine damit verbundene Zunahme der Mächtigkeit des Gletschers, indem blofs die durch das allseitige Abschmelzen erfolgende Erweiterung aller Klüfte, durch das schnellere Nachrücken von oben ganz oder theilweise ersetzt wird.

Aus diesen Erörterungen geht hervor, dafs auch der Beweis eines Ersatzes des Eises von innen heraus, den Agassiz aus der geringen Abnahme der Mächtigkeit eines Gletschers an seinen thalabwärts liegenden Theilen abzuleiten versucht, ohne Gewicht ist. Er führt das Bei-

spiel eines 4000 Fufs langen Gletschers an, der an seinem Ursprung 50 Fufs Mächtigkeit besitzt, und fast dieselbe Mächtigkeit noch an seinem Ende zeigt (*Comptes rendus, XV, p.* 284). Es scheint ihm das unvereinbar mit einem fortdauernden Abschmelzen an der oberen und unteren Fläche, während des langen Zeitraums, den die Eismasse bedarf, um vom oberen Ende des Gletschers bis zum unteren vorzurücken, wenn nicht ein Ersatz durch Anwachsen der Eismasse von innen heraus stattfände. Das bei thalabwärts stattfindender Abnahme der Geschwindigkeit des Vorrückens erfolgende Aufquellen durch den Druck des hinterwärts liegenden Theils des Gletschers, kann aber die durch das Abschmelzen erfolgende Abnahme der Mächtigkeit hinreichend ersetzen. In der Regel scheint jedoch die Mächtigkeit der meisten Gletscher gegen den Punkt hin, wo sie ausmünden, allerdings abzunehmen.

Die genauen, von Agassiz und Forbes im Sommer 1842 ausgeführten Messungen haben gezeigt, dafs die Gletscher continuirlich zu allen Stunden des Tages und der Nacht im Vorrücken begriffen sind; und dafs die Mitte des Gletschers schneller vorrückt, als seine Ränder. Ob zu keiner Zeit ein ruckweises Vorschreiten eintrete, bleibt noch zu erörtern; denn nach einigen älteren, schwer zu bezweifelnden Angaben ist ein solches bestimmt beobachtet worden. Der Pfarrer von Grindelwald, Friedrich Lehmann, giebt (Wyfs, Reise in's Berner Oberland, S. 659) folgende Beschreibung eines Ereignisses auf dem *unteren Grindelwald-Gletscher:* »Das Ziel unserer Tagereise, die Hütten am *Zesenberge*, ruhten schon sichtbar vor unseren Augen, und eine Viertelstunde davon lagerten wir uns, um eine Pfeife anzuzünden, ganz sorgenlos auf dem Eis. Kaum aber safs ich, so hatte das wundersame Ereignifs des Gletscherwachsens statt. Ein unvergleichbar schreckliches Getöse, ein betäubender Donner liefs sich hören. Um uns her

fing Alles an sich zu regen. Flinten, Bergbickel, Waidsäcke, die wir auf den Boden gelegt, schienen lebendig zu werden. Felsenstücke, ruhig zuvor auf dem Gletscher haftend, rollten behend übereinander. Schründe verschlossen sich mit einem Knalle, dem Schufs einer Kanone gleich, und spritzten das Wasser, das gewöhnlich in ihnen sich befindet, bis zu Hauseshöhe, wobei wir tüchtig beregnet wurden. Neue, 10 bis 12 Schuh breite Spalten öffneten sich mit einem ganz unbeschreiblich widerwärtigen Getöse. Die gesammte Gletschermasse rückte vielleicht um einige Schritte vorwärs. Eine schreckliche Umwälzung schien sich zu bereiten; aber in wenigen Secunden war Alles wieder still, und nur das Pfeifen einiger Murmelthiere unterbrach das bängliche Todesschweigen.« Fast ganz übereinstimmende Beobachtungen, ebenfalls vom unteren Grindelwald-Gletscher, theilen Altmann (S. 47) und Kuhn (a. a. O. S. 129) mit. Es mag sich indefs mit der Richtigkeit dieser Beobachtungen verhalten, wie man will, die Thatsache steht fest, dafs das continuirliche Vorrücken der Gletscher Regel, das ruckweise jedenfalls nur seltene Ausnahme ist.

Auf den ersten Blick könnte man allerdings glauben, nach der Saussure'schen Theorie müfste ein ruckweifses Fortgleiten des Gletschers beobachtet werden. Die continuirliche Fortbewegung ist auch noch von Forbes als Haupteinwurf gegen diese Theorie geltend gemacht worden, nachdem er die Unstatthaftigkeit der Charpentier'schen ausführlich nachgewiesen hat (*Bibl. univ. de Genève*, *XLII*, *p*. 362). Eine genauere Betrachtung der Sache, wie sie oben gegeben worden ist, führt aber zum Ergebnifs, dafs in der Regel ein allmäliges, langsames Fortschreiten der Gletscher stattfinden mufs; eine ruckweise Bewegung kann fast nur beim Einstürzen gröfserer, am Boden des Gletschers entstandener Gewölbe beobachtet werden. Es müfste nämlich eine ruckweise Bewegung eintreten, wenn der Gletscher, wie ein fester

Fels, nur an wenigen Punkten auf seiner Unterlage aufläge. Würde dann der Gletscher an seinen Auflagerungspunkten abschmelzen, so würde er fortgleiten, bis die vermehrte Reibung am Boden ihn wieder zur Ruhe brächte. Da aber das Aufliegen der ihrem Gewichte nachgebenden Gletschermasse an sehr vielen Punkten stattfindet, die Bewegung jeder einzelnen Parthie des Gletschers bedingt wird, durch den Widerstand, den die vorliegenden Parthien darbieten, und den Druck, den die hinterliegenden ausüben, so kann, wenn das Abschmelzen am Boden ein allmäliges ist, die fortschreitende Bewegung auch nur eine allmälige continuirliche seyn. Die ruckweise unregelmäfsige Bewegung, welche die einzelnen Theile für sich annehmen würden, gleicht sich, wie bei allen Vorgängen ähnlicher Art, zu einer mittleren allgemeinen Bewegung der ganzen Masse aus.

Aus einer ähnlichen Ursache bemerkt man wohl auch einen so geringen Unterschied in der Geschwindigkeit des Gletschers während des Tags und der Nacht. Die den Tag über, namentlich in der letzteren Hälfte des Tages, in den Gletscher sich versenkenden Wasser sind stärker und wärmer, als des Nachts, sie müssen folglich kräftiger das Abschmelzen befördern. Bis sie aber an den Boden gelangen, und auf die Ablösung der Auflagerungspunkte ihren vollen Effect ausüben, vergeht eine beträchtliche, schwer *a priori* zu bestimmende Zeit. Aehnliches gilt von der Einwirkung der eindringenden wärmeren Tagesluft. Wenn daher der Gesammteffect während einer Reihe auf einander folgender Tage derselbe bleibt, so wird man einen geringen Unterschied in der Bewegung des Gletschers während der einzelnen Tagesstunden wahrnehmen können, der noch überdiefs von den eigenthümlichen Verhältnissen eines gegebenen Gletschers abhängig seyn mufs. In der That fand Agassiz im Sommer 1842 die Bewegung des Aargletschers während der Nacht von 7 Uhr Abends bis 7 Uhr Morgens etwas weniges

ges stärker, als während der zwölf übrigen Stunden, im Mittel von 23 Beobachtungstagen 19 Linien des Nachts, $16\frac{1}{2}$ Lin. des Tags (*Comptes rendus*, *XV*, *p.* 736). Forbes hingegen beobachtete am *Eismeer* im Chamounithal in den letzten Tagen des Juni 1842, von 6 Uhr Abends bis 6 Uhr Morgens, ein Fortschreiten von 8 oder $8\frac{1}{2}$ Zoll; während der zwölf Tagesstunden von ungefähr $\frac{1}{2}$ Zoll mehr (*Bibl. univ. de Genève*, *XLII*, *p.* 340). Nahm hingegen während mehrerer auf einander folgender kalter Tage die Menge sowohl, als die Wärme der in den Gletscher eindringenden Wasser bedeutend ab, so verminderte sich allerdings auch die fortschreitende Bewegung des Gletschers auf eine sehr entschiedene Weise (Forbes, S. 364).

Der stärkere Druck, der in der Mitte des Gletschers mächtigeren Eismassen, und die gröſsere Menge der eindringenden Wasser, welche in Folge der Neigung des Bodens daselbst zusammenfliefsen und eine stärkere Abschmelzung bewirken, sind wahrscheinlich die Ursachen der von Agassiz sowohl als von Forbes ausgemittelten Thatsache, daſs die Bewegung des Gletschers in der Mitte beträchtlich gröſser ist, als an den beiden Seitenrändern. Mit dieser ungleichmäſsigen Bewegung muſs nothwendigerweise ein Verschieben der gegenseitigen Lage zweier ungleich vom Rande entfernter Punkte auf dem Gletscher verbunden seyn. Längenspalten können aber dadurch keine entstehen, denn die in der Mitte schneller nachrückende Masse füllt alle entstehenden Zwischenräume sofort wieder aus, oder läſst sie vielmehr nicht zum Entstehen kommen, auf ähnliche Weise, wie die Querspalten in einem Gletscher sich schlieſsen, wenn die Bewegung des Gletschereises oberhalb stärker ist, als mehr thalabwärts. In der That werden auch auf einem in die Länge sich erstreckenden, in einem regelmäſsigen Thale eingeschlossenen Gletscher, wie z. B. auf dem Aargletscher, keine Längenspalten beobachtet, so häufig auch

die aus der schnelleren Bewegung des thalabwärts liegenden Eises entstehenden Querspalten sind. Hingegen zeigen sich auf dem Aargletscher an denjenigen Stellen des Randes, wo die den Gletscher einschliefsende Thalwand Felsenvorsprünge zeigt, sternförmig sich verbreitende, von diesen Vorsprüngen schief aufwärts laufende Spalten. Der Grund ihrer Entstehung liegt am Tage, in der Verzögerung der Bewegung in dem thalaufwärts liegenden Eise, welche der Felsenvorsprung veranlafst, während das thalabwärts liegende Eis ungehemmt vorrückt. In einiger Entfernung abwärts vom Vorsprung sind aber diese Spalten vollständig wieder geschlossen, so wie die Verzögerung der Bewegung, welche der Vorsprung veranlafst hat, wieder ausgeglichen ist. Wie man aber zwei Stücke Gletschereis, die man an einander drückt, zusammenhaften sieht, so bildet die Gletschermasse, wenn Spalten durch den Druck sich wieder geschlossen haben, auch wieder eine ununterbrochene Masse.

Schliefslich ist noch der Einwurf zu berühren, welcher gegen die Saussure'sche Theorie, aus der angeblichen Unbeweglichkeit der Gletscher im Winter, hergeleitet worden ist. Ob diese Unbeweglichkeit im Winter wirklich stattfinde oder nicht, ist noch ein Gegenstand des Streites, der nur durch bestimmtere Beobachtungen erledigt werden kann. Aus dem Zustande der Schneedecke, welche den Aargletscher im März 1841 gleichmäfsig überdeckte, als Agassiz denselben besuchte, leitet er den Schlufs ab, dafs der Gletscher zu dieser Jahreszeit sich nicht bewegen könne (*Bibl. univ. de Gen. Avril* 1842). Hugi hingegen führt das bestimmte Zeugnifs des Pfarrers Ziegler in Grindelwald an, dafs die dortigen Gletscher ein sehr deutliches Vorrücken zur Winterszeit zeigen (die Gletscher und die erratischen Blöcke, S. 33). Diese letztere Meinung scheint mir die wahrscheinlichere, schon wegen der allgemein beobachteten Thatsache, dafs die Gletscher im Frühsommer weit weni-

ger Spalten zeigen, als im Spätjahr, was auf ein Zusammenrücken der ganzen Gletschermasse während des Winters hinweist. Jedenfalls ist die fortschreitende Bewegung viel geringer, als im Sommer, was übrigens ganz im Einklange ist mit den oben gegebenen Entwicklungen. Im Winter können nur die Erdwärme und die ganz local wirkenden, unter dem Gletscher entspringenden Quellen eine Abschmelzung an dessen Grundfläche hervorbringen. Wie gering aber der Effect der Erdwärme gegen die der übrigen im Sommer einwirkenden Ursachen seyn muſs, haben wir genugsam dargethan. Da die Erdwärme an allen Stellen des Gletscherbetts viel gleichmäſsiger wirkt, als die eindringenden Wasser und die warme Luft, die zur Sommerszeit in den unteren Theilen des Gletschers eine ungleich gröſsere Abschmelzung zu Stande bringen müssen, als in den höher liegenden, so läſst sich vermuthen, daſs zur Winterszeit die Bewegung des Gletschers in den tieferen Gegenden verhältniſsmäſsig sich mehr verzögert, und daſs eben deshalb durch das Nachdrängen der weniger Verzögerung erleidenden oberen Massen, die Spalten zur Winterszeit sich schlieſsen und der ganze Gletscher unten an Mächtigkeit zunimmt. Auch das Festfrieren des Gletschers, was im Winter um seinen Rand herum durch Eindringen der Kälte eintreten kann, wenn die deckende Schneehülle nicht genugsam schützt, muſs die Bewegung am Ausgehenden des Gletschers hemmen, und das Nachrücken der oberen Eismassen befördern.

Die von den Gletschern abflieſsende Wassermasse ist im Winter sehr gering, was in dem eben Gesagten seine Erklärung findet. Aus der Klarheit dieses Wassers den Schluſs abzuleiten, daſs dasselbe bloſs von unter dem Gletscher entspringenden Quellen herrühren könne, scheint mir etwas gewagt; denn das spärlicher und folglich langsamer flieſsende Wasser muſs weniger fremde Theile mit sich führen, als die stärkeren Gletscherbäche

im Sommer, deren Wasser beständig eine gewisse Trübung besitzt. Als Saussure im Winter 1764 das Chamounithal besuchte, wo eine tiefe Schneedecke das ganze Thal bedeckte, sah er noch sehr beträchtliche Bäche unter allen Gletschern hervorkommen. Bei einigen Gletschern versiegen indefs die Bäche ganz. Nach den von Bischof (Wärmelehre, S. 104) eingezogenen Erkundigungen scheint das beim *Lämmerngletscher* auf der Gemmi einzutreten. Es ist das freilich ein kleiner, auch im Sommer nur wenig Wasser liefernder Gletscher, dessen unteres Ende 7000 Fufs über dem Meere liegt. Nach den Beobachtungen des Pfarrers Ziegler (Bischof, S. 116) liefert der sehr tief in's Thal sich herunterziehende *untere Grindelwald-Gletscher* im Winter ebenfalls kein Wasser, während der Bach des höher liegenden *oberen Grindelwald-Gletschers* beständig fortfliefst. Es ist sehr möglich, dafs in diesen Fällen die Ausgänge an der äufseren, der Einwirkung der kalten Luft ausgesetzten Seite des Gletschers zufrieren, und das im Innern sehr langsam abschmelzende Wasser hinter dem Eisdamme, der ihm den Ausweg verschliefst, sich ansammelt, und im Frühjahr wieder durchbricht. Nach der Beschreibung des Pfarrers Ziegler ist das der Vorgang am unteren Grindelwald-Gletscher.

In neuester Zeit hat Forbes (a. a. O.) die Erscheinungen an den Gletschern abzuleiten versucht von einer Plasticität oder Halbflüssigkeit ihrer Masse. Seinen Erklärungen mangelt aber die nöthige Bestimmtheit und Klarheit. In Bewegung begriffene Schuttmassen, wie wir uns die Gletscher denken können, zeigen allerdings, in Folge der Verschiebbarkeit und Nachgiebigkeit ihrer Bestandmasse, gewisse Erscheinungen, welche sie den flüssigen Körpern nähern. Das abschmelzende Eis auf 0° Temperatur, wie wir es zur Sommerszeit überall auf dem Gletscher antreffen, und wie es im Innern das ganze Jahr hindurch besteht, ist aber ein fester, keineswegs

ein halbflüssiger Körper. Es mufs daher auch, wenn es sich in Bewegung setzt, ein verschiedenes Verhalten von einem zähen Schlammstrome zeigen. Der Hauptunterschied besteht darin, dafs die Bewegung nur durch die an der Auflagerungsfläche stattfindende Abschmelzung möglich wird, dafs daher die einzelnen Parthien eines Gletschers in ihrer ganzen Mächtigkeit vom Boden bis zur Oberfläche gleichmäfsig vorrücken, während die Theile eines Schlammstroms über einander sich wegschieben.

Das Vorrücken durch das eigene Gewicht auf geneigter Grundfläche, in Folge der daselbst vorgehenden Abschmelzung, und der, so zu sagen, ausschliefsliche Ersatz der abschmelzenden Masse durch Nachschieben von oben herab, sind die Grundlagen der Saussure'schen Gletschertheorie. Weit entfernt, durch die neueren Erfahrungen geschwächt worden zu seyn, sind sie durch dieselben nur klarer und vollständiger bewiesen worden. Gletscher, die über eine ausgedehnte Ebene vorrücken, wie man solche zur Erklärung gewisser geologischer Erscheinungen hat annehmen wollen, sind eine physikalische Unmöglichkeit. Ueberhaupt giebt sich der Ungrund der Erklärungsweisen, die man an die Stelle der Saussure'schen hat setzen wollen, überall kund, sobald man sie einer genaueren Prüfung unterwirft.

## VIII. *Ueber die Blattstellung einiger Mamillarien und Syngenesisten;* *von C. F. Naumann in Leipzig.*

Während die Geschlechter Melocactus, Echinocactus, Echinopsis und Cereus, wegen der in den Rippen des Stammes so deutlich ausgebildeten Orthostichen oder verticalen Blattreihen, eine sehr leichte Bestimmung der verschiedenen Strophen gewähren, so scheinen die Mamillarien auf den ersten Anblick einige Schwierigkeit darzubieten, weil die Orthostichen nicht unmittelbar in der Oberfläche des Stammes ausgeprägt sind, sondern lediglich in den vertical übereinander gestellten Warzen erkannt werden können. Bei einer genaueren Betrachtung überzeugt man sich jedoch bald, wie die Auffindung der vertical übereinanderstehenden Warzen (und sonach der Orthostichen selbst) in den meisten Fällen mit eben so viel Leichtigkeit als Sicherheit gelingt. Dann sind aber auch die *Archistrophen* gefunden, und man wird sofort ein jedes andere, in der Pflanze ausgebildete Strophensystem bestimmen können. Nur in einigen Fällen, wo die Blattwarzen sehr dicht gedrängt stehen, wie z. B. an *Mamillaria Hystrix Mart.*, M. Webbiana Lem. bleibt die Auffindung der Orthostichen etwas schwierig oder unsicher.

Bei der Mehrzahl der Mamillarien treten die *Protostrophen* der *zweiten* und *dritten* Ordnung als ganz *eminente* [1]) Strophen auf, und pflegen solche mit großer Regelmäßigkeit ausgebildet zu seyn. Während aber die gerippten Cacteen nur selten mehr als 21 Orthostichen haben, so ist bei den meisten Mamillarien eine weit größere Anzahl vorhanden, indem bei ihnen die *höheren* Glieder aus den Reihen der Blattstellungsgesetze zur

1) Vergl. Poggendorff's Annalen, Bd. LVI S. 23 ff.

Ausbildung gelangt sind. Sie stehen gröfstentheils unter den Gesetzen der Hauptreihe:

$\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{2}{5}, \frac{3}{8}, \frac{5}{13}, \frac{8}{21}, \frac{13}{34}, \frac{21}{55}$ u. s. w.;

allein in der Regel sind es die jenseits $\frac{8}{21}$ stehenden Glieder dieser Reihe, denen wir begegnen. Gewöhnlich ist der Quincunx nur in *ein*maligem Cyclus ausgebildet; indessen kommen auch Repetitionen vor, und dann ist die Pflanze mit Blattwirteln versehen, welche jedoch, bei der grofsen Anzahl und dem dichten Gedränge der Blattwarzen, so versteckt sind, dafs sie erst wahrgenommen werden, nachdem man ihr Vorhandenseyn aus den Strophenzahlen erschlossen hat.

Einige zwanzig, ganz willkührlich ausgewählte Species aus der schönen Sammlung des Hrn. Wechselsensal Kob gaben mir folgende Resultate:

1) *Quincunx nach* $\frac{8}{21}$; 8 links aufsteigende Archistrophen, und 5 rechts aufsteigende Protostrophen zweiter Ordnung.

   *Mamillaria hexacentra*, Berg.

2) *Quincunx nach* $\frac{13}{34}$; 8 Protostrophen *zweiter* Ordnung, 5 Protostrophen *dritter* Ordnung, beide widersinnig aufsteigend.

   *Mamillaria biglandulosa*, Pfr.
   - - *cornifera*, De C.
   - - *ceratocentra*, Berg.
   - - *Clava*, Pfr.
   - - *Lehmanni*, Pfr.
   - - *Plaschnickii*, Otto.
   - - *macrothele*, Mart.

Ein Exemplar von *M. crocidata* Lem. zeigte denselben Quincunx in zweimaliger Ausbildung, also zweizählige Blattwirtel, und 16 Protostrophen *zweiter*, 10 *dritter* Ordnung.

3) *Quincunx nach* $\frac{21}{55}$; 13 Protostrophen *zweiter* Ordnung, 8 Protostrophen *dritter* Ordnung, beide widersinnig aufsteigend.

*Mamillaria pyrrhocentra*, H. Ber.
- - *ceratocentra*, ein gröfseres Exemplar.
- - *aeruginosa*, Schdw.
- - *uncinata*, Zucc.

4) *Quincunx nach* $\frac{34}{89}$; 21 Protostrophen *zweiter*, 13 Protostrophen *dritter* Ordnung.

*Mamillaria aciculata*, Otto.
- - *tetracentra*, Otto.
- - *xanthotricha*, Schdw.
- - *polycentra*, Berg.
- - *recurva*, Lehm.

Ein grofses Exemplar von *M. Hystrix* Mart. zeigte denselben Quincunx in zweimaligem Cyclus, also zweizählige Blattwirtel und doppelte Strophenzahlen.

5) *Quincunx nach* $\frac{55}{144}$; 34 Protostrophen *zweiter*, und 21 Protostrophen *dritter* Ordnung.

*Mamillaria leucocarpa*, Schdw.

Einige Species zeigten Gesetze aus der ersten Nebenreihe [1]), aber ebenfalls *höhere* Glieder derselben; so z. B. fand ich an

*Mamillaria cornifera*, De C. Quincunx nach $\frac{29}{76}$,
- - *Webbiana*, Lem. Quincunx nach $\frac{47}{123}$.

Von der zierlichen *Pelecyphora aselliformis*, welche Ehrenberg zuerst beschrieben und fixirt hat [2]), finden sich in Hrn. Kob's Gewächshause drei Exemplare; zwei derselben zeigen 21 Protostrophen *zweiter* und 13 Protostrophen *dritter* Ordnung, sind also nach dem Gesetz $\frac{34}{89}$ gebildet; das dritte Exemplar hat 16 links aufsteigende Protostrophen *zweiter* und 10 rechts aufsteigende Protostrophen *dritter* Ordnung, ist also nach dem Gesetze $2(\frac{13}{34})$ gebildet und mit zweizähligen Wirteln versehen.

Das Vorkommen so complicirter Zahlenwerthe für

1) Vergl. diese Annalen, Bd. LVIII S. 521 und 525.

2) Botanische Zeitung, 1. Jahrgang, 43. Stück.

die Charakteristik des Quincunx, wie $\frac{34}{89}$, $\frac{55}{144}$, $\frac{47}{123}$, kann uns nicht befremden, nachdem Braun schon lange auf die Existenz derselben aufmerksam gemacht hat. Die Inflorescenzen mancher Syngenesisten lassen uns *dieselben* und noch *höhere* Zahlwerthe erkennen.

So finden sich z. B. an denen, nicht sehr regelmäſsig gebildeten Anthoklinien von *Taraxacum officinale* 21 Protostrophen *zweiter* und 13 Protostrophen *dritter* Ordnung, was den Quincunx nach $\frac{34}{89}$ giebt. Die scheibenförmigen Anthoklinien von *Chrysanthemum Leucanthemum* und die fast cylindrischen Anthoklinien von *Rudbeckia amplexicaulis* zeigen 34 Protostrophen zweiter und 21 Protostrophen dritter Ordnung, und enthalten folglich den Quincunx nach $\frac{55}{144}$.

Das Maximum der Zahlwerthe im Zähler und Nenner der Charakteristik findet sich aber wohl in den Scheiben der gewöhnlichen Sonnenblume (*Helianthus annuus*), welche nach dem Verblühen, wenn die Samenkörner entwickelt sind, den concentrischen Quincunx [1]) mit groſser Regelmäſsigkeit erkennen lassen. Die radialen Orthostichen lassen sich sehr gut bestimmen, indem die kleine *Carina* am oberen Ende jedes Samenkorns in die Richtung derselben fällt, und die Auffindung des, in *derselben* Orthostiche darüber oder darunter stehenden Kornes erleichtert. Ich fand nun an einigen Exemplaren

34 Protostrophen dritter Ordnung, und
55 Protostrophen zweiter Ordnung,

beide widersinnig aufsteigend, woraus die Charakteristik

$$\frac{n}{m} = \frac{89}{233}$$

folgt. An anderen, gröſseren Exemplaren lieſsen sich sehr bestimmt

89 Protostrophen zweiter Ordnung, und
55 Protostrophen dritter Ordnung

abzählen, was für die Charakteristik den Werth

1) Poggendorff's Annalen, Bd. LVI S. 29 ff.

$$\frac{n}{m} = \frac{144}{377}$$

giebt [1]).

Dieses Vorkommen der beiden Zahlen $\frac{89}{233}$ und $\frac{144}{377}$ an verschiedenen Blumen derselben Species, ja sogar desselben Indiviudums, ist zwar an und für sich nichts Auffallendes; denn diese Zahlen sind ja zwei unmittelbar auf einander folgende Glieder der Hauptreihe. Wenn man jedoch bedenkt, wie äufserst *gering* die *Differenz* dieser Zahlen ist, und wie höchst *regelmäfsig*, dennoch aber wie auffallend *verschieden* die aus ihnen folgenden quincuncialen Anordnungen sind, so mufs man in der That erstaunen über die grofse Bedeutung, welche eine so kleine arithmetische Differenz für die ganze Erscheinung zur Folge hat. Diefs wird besonders einleuchtend, wenn man die *absolute Gröfse* des Maafsstabes berücksichtigt, in welchem sich die Erscheinung ausgebildet zeigt.

Es betrug nämlich in der Nähe des Randes der Sonnenblumenscheiben der Abstand je zweier Blümchen oder Samenkörner derselben Orthostiche ungefähr einen Zoll. Bringt man die beiden Zahlen $\frac{89}{233}$ und $\frac{144}{377}$ auf gleichen Nenner, so werden sie $\frac{33552}{87841}$ und $\frac{33553}{87841}$, so dafs beide nur um $\frac{1}{87841}$ differiren. In ihren absoluten Dimensionen siud also beide quincunciale Anordnungen nur dadurch von einander verschieden, dafs in *einigen* Blumen von *Helianthus annuus* die Blümchen je zweier, neben einander liegender Orthostichen etwa um den *neunzigtausendstel Theil eines Zolles weiter* aus einander gerückt sind, als in anderen Blumen. Dennoch aber hat dieser winzig kleine Unterschied eine so *augenscheinlich* und *handgreiflich verschiedene Erscheinungsweise* des Quincunx zur Folge, dafs ein Blinder im Stande seyn würde, mit dem Finger diejenigen Elemente (nämlich die Stro-

1) Zugleich will ich bemerken, dafs im ersteren Falle allemal 34, im zweiten Falle 55 unfruchtbare Strahlblümchen am Grunde der Protostrophen dritter Ordnung vorhanden waren.

phen der Samenkörner) abzuzählen, aus welchen eine so kleine Differenz der Charakteristik mit mathematischer Nothwendigkeit gefolgert werden kann [1]).

Wer die Wirklichkeit dieser Zahlengesetze deshalb bezweifeln wollte, weil sie mit der überall vorausgesetzten Einfachheit der Natur nicht ganz im Einklange zu seyn scheinen, der untersuche die Scheiben mehrer Sonnenblumen, zähle die spiralförmigen Strophen derselben ab; und er wird sich von der bewundernswürdigen Regelmäfsigkeit in der Zahl und Anordnung dieser Strophen und von der unläugbaren Thatsache überzeugen, dafs die *natura geometrizans* das Mosaikbild jener Scheiben wirklich nach solchen complicirten Zahlengesetzen zur Ausführung bringt.

Anhangsweise will ich noch eine Erscheinung erwähnen, welche mir, eben so wie die Rippen der Cacteen und Sigillarien, *für* die Quincuncialmethode zu sprechen scheint. Es ist diefs die nicht selten vorkommende *eckige Form* der Markröhre, welche dann mit der Zahl der Orthostichen genau übereinstimmt. So haben z. B. unsere Eichen und italienischen Pappeln bekanntlich die Blattstellung $\frac{2}{5}$; durchschneidet man einen Zweig, so erscheint die Markröhre im Querschnitte als ein Pentagon, ja, fast als ein 5strahliger Stern; sie ist also ein pentagonales Prisma, dessen Kanten genau den Insertionspunkten der Blattstiele entsprechen, und folglich die Orthostichen repräsentiren [2]). Bei manchen Pflanzen von der Blattstellung $\frac{3}{8}$ ist die Markröhre junger Zweige achtekkig. Der Oleander, welcher alternirende dreizählige Blatt-

1) Sollten sich nicht zur Messung sehr kleiner Linear-Ausdehnungen Apparate ausdenken und benutzen lassen, welche auf der Theorie des Quincunx beruhen? Die blofse Abzählung von 89 und 55 parallelen Linien läfst uns hier den 8784lsten Theil einer Einheit erkennen, welche selbst kaum einen Zoll grofs ist. Wäre diefs nicht einer Anwendung fähig?

2) Dieselbe Beobachtung hat kürzlich Hr. Prof. Kunth in hiesiger Academie vorgetragen. *P.*

wirtel hat, zeigt die Markröhre als dreikantiges Prisma, welches von einem Wirtel zum andern seine Stellung verändert, wie es die Insertionspunkte der Blätter verlangen. Also auch in der *Markröhre* sind häufig die *Orthostichen*, aber wohl niemals die Spiralen ausgeprägt.

---

## IX. *Bemerkungen über einen Versuch, angestellt von mehren Mitgliedern der vom Niederländischen Institut damit beauftragten Commission, zur Prüfung der Frage, ob die dem Oele zugeschriebene wellenstillende Wirkung begründet sey; von Hrn.* **Lipkens.**

(*Compt. rend. T. XVI p.* 684. — Aus einem Briefe an Hrn. Arago.)

---

Der *Compte rendu* der Sitzung der Academie vom 13. Febr. d. J. enthält in einer von einem Mitgliede des Niederländischen Instituts mitgetheilten Note die Resultate der Versuche, welche die damit beauftragte Commission über die Eigenschaft des Oels, die vom *Winde* erzeugten Wellen zu stillen, angestellt hat [1]), eine Eigenschaft, welche Hrn. van Beek zu dem Vorschlag veranlafste, bei der Regierung darauf anzutragen, dafs sie untersuchen lasse, ob dieselbe zur Schützung der Deiche und Meeresbauten gegen die von den Wogen verursachten Beschädigungen angewandt werden könne.

Da ich, als Mitglied des Instituts, beauftragt war, gemeinschaftlich mit zwei meiner Collegen einen Bericht über diesen Vorschlag zu machen, so glaube ich, dafs es nicht unpassend seyn wird, in dem Augenblick, da eine Commission der (Pariser) Academie der Wissenschaften sich mit derselben Frage beschäftigt, Ihnen einige Betrachtungen über das von mir studirte Phänomen

1) Siehe S. 316 dieses Bandes.

vorzulegen, ein Phänomen, das, meiner Meinung nach, vernünftigerweise nicht in Zweifel gezogen werden kann.

Diese Meinung, die ich auch in meinem Bericht an das Institut ausgesprochen habe, gründet sich nicht nur auf die Behauptungen einer grofsen Anzahl Gelehrte aller Länder, sondern auch auf directe von mir angestellte Versuche, die mir vollkommen entscheidend zu seyn scheinen.

Ich bedaure, sonach mit meinen gelehrten Collegen, die andere Resultate erhielten, in Widerspruch zu stehen; allein ich kann mich darüber nicht wundern, nachdem ich gesehen, dafs ihre Versuche gerade unter solchen Umständen angestellt wurden, dafs sie nicht gelingen konnten. In der That sagen sie selbst: »der Wind war nur von mittlerer Stärke und blies aus *Südwest*,« mithin parallel der Küste. Wie konnte man aber nur erwarten, dafs das jenseits der Brandung in's Meer geschüttete Oel, am Ufer, wo zwei der Herren zur Beobachtung geblieben, die Wellen beruhigen werde? Ueberdiefs hatte man es zur Zeit der Versuche mit den Wellen zu thun, die wirklich vom Winde gebildet werden, wie die, welche bei stürmischem Wetter gegen die Deiche anprallen? Gewifs nicht; man hatte nur die undulatorische Bewegung des Meeres bei steigender Fluth zu besänftigen, und sicherlich hat noch Niemand behauptet, dafs das Oel diese Eigenschaft besitze. Beim Zurückfahren durch die Brandung gossen die Herren, wie aus Verzweiflung, den Rest ihres Oels in die Wogen; allein ebenfalls ohne Erfolg; auch diefs ist ganz natürlich, denn das Gegentheil würde ein wunderbares Phänomen gewesen seyn. Wer wüfste nicht, dafs die Brandung sich bildet, selbst bei vollkommener Windstille, jedesmal so wie die Fluth steigt, und dafs sie ihren Ursprung nicht *dem Winde* verdankt, sondern der Böschung, die gewöhnlich am Boden des Meeres existirt, in einiger Entfernung von der Stelle, auf welcher hernach die Wellen

sich aufrollen, die man einige Augenblicke zuvor, nachdem sie auf die Unebenheit des Bodens gestofsen sind, ihre Gestalt verlieren und jenen unregelmäfsig bewegten Wasserstreifen bilden sah, welchen man Brandung nennt.

Nach Allem diesen bin ich der Meinung, dafs, selbst wenn man glaubte, die Existenz des besagten Phänomens in Zweifel ziehen zu müssen, wenigstens in den Versuchen der Commission des Niederländischen Instituts dazu kein genügender Grund vorhanden ist; sie hat mit solcher Uebereilung experimentirt, dafs sie nicht nur den günstigen Augenblick nicht abwartete, sondern gar den Tag festsetzte, an welchem, *Wind oder nicht*, ein Phänomen untersucht werden sollte, das wesentlich vom *Winde* erzeugt wird. Hätte man die Höflichkeit gehabt, den Urheber des Vorschlags und der drei ersten Berichte mit zu den Versuchen einzuladen oder wenigstens zu benachrichtigen, dafs man dergleichen anstellen wollte, so würden die Sachen anders ausgefallen seyn.

---

## X. *Versuche über die Fortpflanzungsweise der Wellen auf der Oberfläche von Flüssigkeiten; von Hrn. Dyar,*

Bürger der Vereinigten Staaten Nord-Amerika's.

(*Annales de chemie et de physique, Ser. III T. VII p.* 421.)

---

I. Man kann immer an der Oberfläche einer Flüssigkeit eine Welle erregen, die sich ganz unter oder über der freien Oberfläche dieser Flüssigkeit fortpflanzt.

Es diente dazu ein Kanal von $3^m,33$ Länge und $0^m,16$ Breite (Taf. II Fig. 8). Eine der langen Wände dieses war von Glas, damit man durch sie hin die freie Oberfläche der Flüssigkeit sehen könnte, und auf dieser Glasplatte war, entsprechend dem Niveau der Flüssigkeit im Zustand der Ruhe, eine Linie gezogen.

Zur Erregung einer Welle gebrauchte man einen starren Körper, dessen Gestalt und Dimensionen durch die drei in Fig. 9 Taf. II abgebildeten Projectionen hinreichend angezeigt sind. Diesen Körper taucht man, an einem Ende des Kanals, in das Wasser, mit solcher Geschwindigkeit, dafs das Wasser etwa $0^m,03$ steigt. Diese Welle verläfst sogleich den Körper, und pflanzt sich in dem Kanale bis zum anderen Ende fort, wo sie reflectirt wird; endlich verschwindet sie nach und nach in Folge des Widerstandes, den sie bei ihrer Fortpflanzung erleidet.

Wenn man während dieses Vorgangs das Niveau der Flüssigkeit in dem Kanal sorgfältig durch die Glasplatte hin beobachtet, so findet man, dafs dessen Horizontalität nicht gestört worden ist, und dafs sich das Niveau an keinem Punkte unterhalb der auf das Glas gezogenen Linie gesenkt hat. Kurz die einzige Welle $O$ ist bei ihrer Fortpflanzung gänzlich oberhalb der ebenen Oberfläche der Flüssigkeit geblieben. Man kann daher diese Welle *Wellenberg* (*onde élevée*) nennen.

Nachdem die Welle verschwunden und die Horizontalität der Oberfläche sich vollständig wieder hergestellt hat, ziehe man den Körper $C$ senkrecht in die Höhe, mit derselben Geschwindigkeit, mit der man ihn eingetaucht hatte. Es wird sich in der Flüssigkeit eine Vertiefung $O'$ bilden, welche sich in Gestalt einer einzigen concaven Welle fortpflanzen wird. So wie sie einen Punkt des Kanals durchlaufen hat, nimmt die Flüssigkeit in diesem Punkt ihr früheres Niveau ohne irgend eine Oscillation wieder an, so dafs in der ganzen Erstrekkung des Kanals die freie Oberfläche der Flüssigkeit vollkommen eben und horizontal bleibt, bis auf die veränderliche Stelle, welche die Welle einnimmt, die zuletzt verschwindet. Man kann diese Welle, im Gegensatz zur ersteren, *Wellenthal* (*onde déprimée*) nennen.

II. Diese beiden Wellen, nämlich die erhobene

und die vertiefte, lassen sich auf mehre Weisen hervorbringen.

So z. B. wurden gleiche Versuche, wie die obigen, an einem grofsen kreisrunden Gefäfse von 6$^m$,66 Durchmesser angestellt, in welchem sich an mehren Punkten Stifte erhoben, an denen die Niveaulinie bezeichnet war, um die Bewegung der freien Oberfläche zu beobachten. Der zur Erregung der Wellen dienende Körper ist ein Umdrehungskörper *ABCD*, Fig. 10 Taf. II, welchen man in der Mitte des Gefäfses senkrecht eintaucht bis zum Niveau *CD*. Alsdann bildet sich um diesen Körper eine kreisrunde Welle, welche sich vom Mittelpunkt bis zum Umfang kreisförmig fortpflanzt, ohne die freie Oberfläche der Flüssigkeit anderweitig zu verändern. Die erzeugte Welle ist also ein Wellenberg.

Zieht man, nach Wiederherstellung des Gleichgewichts, den Körper *ABCD* rasch heraus, so entsteht ein kreisrundes Wellenthal, ohne dafs sich die Flüssigkeit irgendwo über das allgemeine Niveau erhebt.

III. Läfst man einen Körper in Wasser mit ruhiger Oberfläche fallen, so bestimmt die Gestalt dieses Körpers die Bildung einer oder mehrer Wellen.

Wenn z. B. der Körper *ABCD*, Fig. 11 Taf. II, an einem Faden hängend, in der Mitte des kreisrunden Gefäfses rasch und vollständig eingetaucht wird, so entsteht nur eine einzige Welle, die sich auf der Oberfläche des Wassers fortpflanzt.

Zerschneidet man denselben Umdrehungskörper nach seinem gröfsten Kreis *CD*, Fig. 12 Taf. II, und taucht eine seiner Hälften auf dieselbe Weise ein, so wird sich eine Reihe Wellen bilden und in dem Becken fortpflanzen.

IV. Die Breite einer Welle kann in Bezug auf die Höhe derselben beliebig vergröfsert, aber nicht unterhalb eines gewissen Minimums verringert werden.

Schaltet man z. B. zwischen die beiden Hälften des

zu

zu den erwähnten Versuchen angewandten Umdrehungskörpers ein cylindrisches Stück *CDDC* ein (Fig. 13 Taf. II), und taucht man das Ganze nun in der Mitte desselben Behälters mit mäfsiger Geschwindigkeit unter, so beobachtet man, dafs die Welle in Breite zugenommen hat, und oben eine gewisse Strecke eben ist.

Macht man denselben Versuch in dem Kanal, unter analoger Abänderung des früheren Körpers (Fig. 14), so zeigt eine Beobachtung durch die Glaswand, dafs der ebene Theil der Welle in Beziehung steht zu dem Theil *CDDC* des eingetauchten Körpers.

Diese Erscheinung zeigt sich immer, die Welle mag eine erhobene oder vertiefte seyn.

V. Den Durchschnitt einer Welle in ihrer einfachsten Gestalt, d. h. im Minimo ihrer Breite, will ich hyperbolische Parabel nennen. *AOB*, *AO'B* (Fig. 15) stellen diese mit Sorgfalt durch die Glaswand des Kanals beobachteten Curven dar.

VI. Die auf der Oberfläche des Wassers sich fortpflanzenden Wellen haben keinen Einflufs auf die Theilchen, die sich in einer Tiefe gleich der doppelten Höhe der Wellen unter dem allgemeinen Niveau befinden. Diefs wurde in dem Kanal beobachtet, indem man feinen Staub in die Flüssigkeit brachte.

VII. Wenn zwei Wellen von gleichem Volum, eine erhobene und eine vertiefte, sich in entgegengesetzter Richtung bewegen, so verschwindet jede Störung des Niveaus im Moment wo beide Wellen einander treffen allein nach dieser Durchdringung pflanzt jede sich in ihrer Richtung fort, ohne die mindeste Störung.

Macht man den Versuch in dem Kanal mit einer Flüssigkeit, die Staubtheilchen in Schwebe enthält, so sieht man im Augenblick des Zusammentreffens beider Wellen die Bewegung dieser Theilchen verschwinden.

Man änderte die Versuche dahin ab, dafs man zwei erhobene, und dann zwei vertiefte Wellen zusammenstofsen

ließe. Die Wirkungen überdeckten sich im Moment des Zusammentreffens beider Wellen. Hierauf fuhr jede fort sich wie zuvor fortzupflanzen.

VIII. Wenn zwei Wellen verschiedener Art, die sich in gleicher Richtung fortpflanzen, einander treffen, so verschwinden ihre Effecte im Moment der Durchdringung, sobald sie gleiche Dimensionen haben, oder erstere subtrahiren sich, wenn sie ungleich sind. Allein nach der Trennung kehren beide Wellen auf ihren früheren Zustand zurück. In keinem Falle also kann eine Welle eine andere bleibend abändern.

Von *A* bis *B*, Fig. 16, ist eine Reihe erhobener Wellen dargestellt, von *B* bis *C* eine Reihe vertiefter, endlich von *C* bis *D* eine Reihe abwechselnd erhobener und vertiefter [1]).

---

## XI. *Beschreibung einer Maschine zum experimentellen Beweise des Theorems vom Parallelogramm der Kräfte; von J. G. Crahay,*

Mitglied der K. Academie zu Brüssel.

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus dem *Bullet. de l'acad. roy. de Bruxelles*, T. *VII.*)

---

Die Nützlichkeit, das wichtige Theorem vom Parallelogramm der Kräfte durch Versuche zu bestätigen, hat verschiedene Apparate hervorgerufen, unter denen der von S'Gravesande erdachte der genügendste ist. Er besteht bekanntlich aus einem horizontal befestigten Brette, parallel welchem drei Schnüre laufen, die in einem und demselben Knoten endigen, und an den anderen Enden,

1) Vollständigere und gründlichere Untersuchungen über diese Gegenstände besitzen wir bekanntlich in der „*Wellenlehre*“ von E. H. und W. Weber (Leipzig 1825). *P.*

über Rollen hinweggehend, mit Gewichten belastet sind, welche die Stelle von Kräften vertreten, die um den Knoten im Gleichgewicht sind. Ein auf dem Brette gezogenes Parallelogramm von zweckmäfsigen Dimensionen, zeigt durch die Coïncidenz seiner Seiten und der Verlängerung seiner Diagonale mit den drei Schnüren, und durch die Gleichheit des Verhältnisses zwischen den Längen dieser Linien und zwischen den an den Schnüren befestigten Gewichts-Einheiten, dafs die angegebenen Beziehungen zwischen der geometrischen Figur und den Kräften wirklich vorhanden sind.

Diese Maschine besitzt einige Unvollkommenheiten, unter welchen als die gröfste die genannt werden kann, dafs sie den Beweis nur für die besonderen auf dem Brett verzeichneten Fälle liefert. In der Absicht ihre Anwendung zu verallgemeinern, habe ich sie nach einem neuen Plan ausführen lassen, in welchem der wesentliche Theil ein Parallelogramm mit veränderlichen Dimensionen ist, damit man Kräfte von einer grofsen Zahl verschiedener Verhältnisse vorstellen könne. Auch die Winkel können verändert werden, um den Einflufs ihrer Gröfse auf die Intensität der Resultante zu zeigen; endlich erlaubt ihre aufrechte Stellung, dafs alle Zuhörer eines grofsen Auditoriums mit gleicher Leichtigkeit die Richtigkeit ihrer Beweisführungen beurtheilen können. Da die Ausführung dieses Plans meiner Erwartung vollkommen entsprochen hat. so glaube ich, dafs die Veröffentlichung für den Unterricht von Nutzen seyn werde.

Die beifolgende Zeichnung (Taf. II Fig. 7) stellt im Zehntel der natürlichen Gröfse ein Exemplar vor, welches Hr. Bernaert für das physikalische Kabinet der katholischen Universität zu Gent vortrefflich ausgeführt hat.

Das Parallelogramm ist gebildet aus vier Holzleisten *CB*, *CD*, *AE*, *AF*, von 6 Millimet. Dicke, versehen mit drei runden Löchern, die, auf der mittleren Längslinie der Leisten liegend, von *A* und *C* aus gleich ab-

ständig vertheilt sind. In $A$ und $C$ sind die Leisten unveränderlich durch Zapfen verbunden, um welche sie sich drehen, und somit verschiedene Winkel bilden können. Ueberdiefs sind sie in $G$ und $H$ durch fortnehmbare Stifte verbunden, welche in entsprechende Löcher zweier zusammenliegenden Leisten gesteckt werden. Vermöge dieser Einrichtung kann man zwei anliegende Seiten des Parallelogramms in so viele Längenverhältnisse bringen, als sich Combinationen zwischen den Löchern der Leisten machen lassen. Die Componenten treffen in der Mitte des Zapfens $C$ zusammen, und ihre Richtungen sind parallel den auf der Mitte der Leisten gezogenen Geraden. Der Winkel, den sie mit einander bilden, wird gemessen an einem in Grade getheilten Halbkreise, der so an der Leiste $CD$ befestigt ist, dafs sein Nullpunkt mit der Mitte dieser Leiste zusammenfällt; eine in der Leiste $CD$ angebrachte rechteckige Oeffnung erlaubt das Sehen des Theilpunkts, welcher der Mittellinie dieser entspricht.

Der Zapfen $A$ sitzt auf einer Metallhülse, welche den prismatischen, 18 Millimet. dicken, Holzstab $IK$ umfafst, verschiebbar ist und durch eine Feder drang anschliefst. Dieser Stab ist senkrecht befestigt oben auf der Säule, die dem Apparat als Träger dient, und zwar so, dafs die verlängerte Mitte seiner Breite durch das Centrum des Zapfens $C$ geht. Vermöge dieser Einrichtung ist die Diagonale des aus den vier Leisten $CB$, $CD$, $AE$, $AF$ gebildeten Parallelogramms, und folglich auch die Resultante der Kräfte, welche durch die im Scheitel $C$ zusammenstofsenden Seiten vorgestellt werden, immer senkrecht. Auf dem Stabe $IK$ sind von $C$ aus Theilstriche gezogen in gleichen Abständen wie die, welche die Löcher auf $CB$, $CD$, $AE$, $AF$ trennen. Sie dienen zur Messung der Länge der Diagonale bei den verschiedenen Abänderungen sowohl der Winkel als der Seiten des Parallelogramms. Da das Centrum $A$ nicht licht durchbohrt ist, und man also nicht geradezu sehen

kann, welchem Theilpunkte des Stabes *IK* dasselbe entspricht, so könnte man in der Hinterseite der Hülse eine Oeffnung in der Höhe des Centrums *A* machen, und durch diese Oeffnung die Theilstriche ablesen, die man auf der Rückseite des Stabes gemacht hätte. Allein ich hielt es für vorzüglicher, alle Theilungen an der Vorderseite der Maschine anzubringen, und deshalb habe ich den Stab *IK* so graduirt, dafs alle seine Theilstriche erhöht sind, um eine constante Gröfse, die gleich ist der, welche das Centrum *A* vom oberen Rand der Hülse *M* trennt, wodurch der mit diesem Rand zusammenfallende Theilstrich die Länge der Diagonale *CA* ausdrückt.

Massen *P*, *O*, bestehend aus Messingscheiben von gleichem Gewicht, dienen als componirende Kräfte. Diese Scheiben sind in der Mitte durchbohrt; sie werden auf Stäbchen gesteckt, an denen unten ähnliche Scheiben befestigt sind, um die übrigen zu tragen; überdiefs sind die Scheiben längs einem ihrer Radien aufgeschlitzt, um von den Stiften abgenommen werden zu können, ohne die Stäbchen von den Fäden, an denen sie hängen, ablösen zu dürfen. Zu dem Ende sind die Schlitze schmäler als die Stäbchen, aber hinlänglich breit, um die Fäden durchzulassen. Diese Aufhängefäden, dünn und biegsam, gehen über die Rollen *B* und *D*, deren Ebene der des Parallelogramms parallel sind; sie vereinigen sich in einem kleinen Kupferring, dessen Mitte der Durchschnittspunkt der Componenten ist, und mit dem Centrum des Zapfens *C* zusammenfallen mufs. Eine dritte Masse *R*, gebildet aus ähnlichen Scheiben wie *P* und *Q*, ist mittelst eines dünnen Fadens gleichfalls an dem kleinen Ringe befestigt. Diese senkrecht herabwirkende Kraft mufs das Gleichgewicht halten der Resultante der Kräfte *P* und *Q*, welche ebenfalls senkrecht gerichtet ist, aber den Ring von unten nach oben zu bringen sucht. Der ganze Apparat ruht auf einer massiven Säule, getragen von einem Dreifufs, versehen mit drei Stellschrauben.

Will man nun mittelst dieser Maschine die Eigenschaften des Parallelogramms der Kräfte erweisen, so fängt man damit an, die Diagonale $IK$ senkrecht zu stellen. Diefs geschieht mittelst eines Senkbleis, dessen Faden, im Mittelpunkt $A$ angebracht, auch durch den von $C$ gehen mufs. Gesetzt die Intensitäten der gegebenen Componenten seyen ausgedrückt durch $p$ und $q$ Einheiten, so stellt man zunächst die Leisten $CB$, $CD$, $AE$, $AF$ mittelst der beweglichen Stifte $G$, $H$ solchergestalt, dafs sie ein Parallelogramm bilden, dessen Seiten $CG$, $CH$ respective $p$ und $q$ von den durch die Löcher der Leisten angegebenen Abtheilungen umfassen. Hierauf fafst man die Hülse $M$ und verschiebt sie an dem senkrechten Stab, bis der am getheilten Halbkreise abgelesene Winkel $GCH$ gleich ist dem gegebenen Winkel $\alpha$, und ist diefs geschehen, so hängt man respective in $P$ und $Q$ die $p$ und $q$ Gewichtseinheiten an, so wie in $R$ eine Anzahl $r$ (mit Unterabtheilungen wenn's deren giebt), gleich derjenigen, welche die Länge der Diagonale $CA$ ausdrückt und an dem senkrechten Stabe $IK$ angezeigt wird durch den oberen Rand der Hülse $M$. Wird nun der Apparat sich selbst überlassen, so nimmt der Ring, der Vereinigungspunkt der Kräfte, eine solche Stellung an, dafs seine Mitte mit dem Centrum des Zapfens $C$ zusammenfällt. Lenkt man ihn davon ab, so kommt er nach einigen Hin- und Hergängen darauf zurück; diefs beweist, dafs die Kraft $r$ gleich und entgegengesetzt ist der Resultante von $p$ und $q$. Die Fig. 7 Taf. II stellt den Fall vor, wo $p=12$, $q=8$, $r=17$, alsdann ist $\alpha=65^{\circ}\ 3'$.

Um zu zeigen, welchen Einflufs die Gröfse des Winkels $\alpha$ auf die Intensität der Resultante ausübe, braucht man nur die Hülse $M$ an dem Ständer zu verschieben, um den Winkel $GCH$ zu vergröfsern oder zu verringern. Im ersten Fall überwiegt das Gewicht $r$ und der Ring sinkt, im zweiten Fall steigt er über das Centrum

*C*. Für jeden neuen Winkel endlich braucht man nur *R* zu belasten mit einer Anzahl Gewichtseinheiten, die gleich ist der Zahl von Abtheilungen der Diagonale, und der Ring kehrt auf den Punkt *C* zurück.

Läfst man den Winkel unverändert, und verändert dagegen den Werth einer der Kräfte *p* und *q*, so sieht man sogleich den Ring seine centrale Stellung verlassen und sich derjenigen der beiden Kräfte nähern, die einen relativen Zuwachs erhalten hat.

Will man die Winkel messen, welche, beim Gleichgewicht, die Resultante mit den Componenten macht, so bindet man an den Ring einen dünnen Faden, fafst dessen anderes Ende mit der Hand und spannt ihn sanft über das Centrum des Stiftes *A*. Die Projection dieses Fadens auf den getheilten Kreis giebt den Werth des gesuchten Winkels.

Der Kopf der Säule hat quer durch, und durch den Zapfen *C* einen cylindrischen Kanal, dessen Axe mit der des Zapfens zusammenfällt. Man steckt darin von der Hinterseite einen cylindrischen Bolzen mit Knopf. Wenn derselbe ganz bis zum Knopf hinein gesteckt ist, ragt das Ende diesseits ein bis zwei Centimeter aus dem Zapfen *C* hervor, und auf dieses hervorragende Ende schiebt man den Ring, wenn man die Scheiben-Gewichte ändert, damit die Fäden sich dabei nicht verwickeln. Sind die Gewichte aufgelegt, so zieht man den Bolzen an seinem Knopf zurück und der Ring ist frei.

## XII. *Ein neues Verfahren, die elektromotorische Kraft eines galvanischen Stromes in's Unbestimmte zu erhöhen;* *von J. C. Poggendorff* [1]).

Im Laufe einer Untersuchung, deren Resultate ich nächstens zu veröffentlichen gedenke, bin ich auf ein Princip zur Verstärkung der Intensität oder Spannung elektrischer Ströme verfallen, das mir in seiner Anwendung neu zu seyn scheint, und auch abgesondert von dem Hauptgegenstand Interesse genug besitzen dürfte, um hier mitgetheilt zu werden.

Es ist bekannt, dafs wenn zwei homogene Metallplatten, die in eine leitende Flüssigkeit gestellt sind, z. B. zwei Platinplatten, mit einer Volta'schen Kette verbunden werden, sie fast augenblicklich die sogenannte Polarisation erfahren, in Folge welcher sie den Strom der Kette sehr bedeutend schwächen, und, wenn man sie von dieser trennt, in einem sie verbindenden Metalldraht einen Strom in entgegengesetzter Richtung hervorrufen, zwar von kurzer Dauer, aber immer von beträchtlicher Stärke. Es ist auch bekannt, dafs man auf diese Weise eine ganze Reihe solcher Plattenpaare, wie man es nennt, polarisiren kann. Es ist diefs die Ladungssäule Ritter's, die zu ihrer Zeit so viel Aufsehen erregt hat, die Wasser zersetzt, auf ein Elektrometer wirkt, Funken giebt und Erschütterungsschläge ertheilt.

Zur Belebung solcher Ladungssäulen, die an sich ohne Wirksamkeit sind, hat man bisher kein anderes Mittel gekannt als Volta'sche Säulen von einer grofsen Anzahl Plattenpaare, also von hoher Intensität des Stroms, und der auf diese Weise erlangte secundäre Strom be-

1) Gelesen in der Academie am 21. December.

safs niemals eine gröfsere oder auch nur eben so grofse elektromotorische Kraft als der primäre, der ihn hervorgerufen hatte.

Eine nähere Untersuchung der vor einiger Zeit von Hrn. Grove construirten Gassäule, die nichts weiter ist als eine Ladungssäule, und zwar, wie ich zu zeigen gedenke, nur eine unvollkommene, hat mich nun darauf geführt, dafs man zur Ladung solcher secundären Säulen nicht nothwendig einer primären von eben so viel oder mehr Plattenpaaren als jene enthalten bedarf, sondern dieselbe vollkommen so gut mittelst einer einfachen Volta'schen Kette ausführen kann, wie grofs auch die Plattenzahl der secundären Säule seyn mag, und dafs man darin ein Mittel besitzt, die elektromotorische Kraft eines galvanischen Stromes in's Unbestimmte zu erhöhen.

Das Verfahren dazu ist sehr einfach. Gesetzt man habe eine Reihe Platinplatten, paarweise in Zellen gestellt, die mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt sind. Die eine Platte jeder Zelle möge mit *H*, die andere mit *O* bezeichnet seyn. Der bisherige Weg zur Herstellung einer Ladungssäule bestand nun darin, dafs man das *H* jeder Zelle mit dem *O* der nächsten durch einen Metalldraht verband, und dann den primären Strom die ganze Reihe der Zellen der Länge nach durchlaufen liefs. Dazu bedurfte es, wenn anders die Ladungssäule eine etwas beträchtliche Wirksamkeit erhalten sollte, einer Volta'schen Säule von mindestens eben so viel Plattenpaaren als diese.

Mein Verfahren besteht nun darin, dafs ich zuvörderst sämmtliche *H* mit dem Zink, und sämmtliche *O* mit dem Platin einer einfachen Grove'schen Kette verknüpfe; dadurch werden alle diese Platten polarisirt oder geladen, indem sich die *H* mit Wasserstoff und die *O* mit Sauerstoff bekleiden, und zwar alle gleich stark, eben so stark, wie wenn man nur ein einziges Paar solcher Platten von gleicher Gröfse, wie sie insgesammt, mit der

primären Kette verbunden hätte. Nachdem diese Verbindung eine gewisse Zeit bestanden hat, hebe ich sie rasch auf, und verknüpfe die nunmehr geladenen Plattenpaare nach dem Princip der Säule unter sich und zugleich auch mit einem Voltameter, falls es die Absicht ist, die chemische Wirkung des secundären Stromes zu beobachten.

Der so erhaltene secundäre Strom besitzt eine elektromotorische Kraft, welche die des primären der einfachen Kette, im Allgemeinen, desto mehr übertrifft, als die Zahl der Plattenpaare in der Ladungssäule gröfser ist; und wenn sie auch nicht mit dieser Anzahl in's Unbegränzte wächst, weil die Platten desto schwächer polarisirt werden, je mehr ihrer da sind, so wird sie doch um so länger wachsen, als der Widerstand in der primären Kette kleiner ist.

Der secundäre Strom besitzt indefs nur eine kurze Dauer, und diese Dauer nimmt in dem Maafse ab, als man seine elektromotorische Kraft erhöht. Man übersieht diefs leicht, wenn man erwägt, dafs die secundäre Säule bei ihrer Ladung zwar für jedes Aequivalent Wasser, welches in der primären Kette zersetzt wird, die Bestandtheile eines in ihr zerlegten Aequivalents Wasser empfängt, dafs aber diese Bestandtheile auf sämmtliche Zellen vertheilt werden, mithin jede Zelle, wenn deren $n$ vorhanden sind, nur die Bestandtheile von $\frac{1}{n}$ Aequivalent erhält, d. h. desto weniger, je gröfser die Zahl $n$ der Zellen ist. Die Wiedervereinigung der Bestandtheile dieses $\frac{1}{n}$ Aequivalents, welche den secundären Strom bedingt, wird aber, bei Gleichheit des Widerstandes in der secundären Säule und der primären Zelle, offenbar in einem $n$tel der Zeit geschehen, welche die primäre Kette zur Zersetzung eines vollen Aequivalents erforderte.

Hieraus geht hervor, dafs, wenn man den secundären Strom zu etwas Anderem als zu einem momentanen

Erschütterungsschlag benutzen will, man die oben angezeigte Operation sehr oft wiederholen müsse. Das wäre nun mit der freien Hand eine ganz unausführbare Arbeit, da schon die einfache Operation, auf diese Weise bewerkstelligt, so viel Zeit kostet, dafs während derselben der bei weitem gröfste Theil der Wirkung verloren geht.

Mittelst einer kleinen mechanischen Vorrichtung, einer Wippe, von ähnlicher Construction, wie man sie früher zu einfacheren Vertauschungen der Schliefsungen benutzt hat, lassen sich indefs die Ladungen und Entladungen der secundären Säule sehr leicht und rasch vollziehen. Um des lästigen Wartens auf den Mechanicus überhoben zu seyn, habe ich mir selbst aus einem Paar Stücken Holz, etwas Quecksilber und einigen Kupferdrähten eine solche Wippe angefertigt, mittelst deren ich jene Doppel-Operation sehr bequem mit einem Finger 2- bis 300 Mal in der Minute ausführen kann [1]). Man erhält somit einen zwar immer intermittirend, aber doch beliebig lange wirkenden Strom, den man nun zu verschiedenen Zwecken benutzen kann.

Physiker, denen grofse Mittel zu Gebote stehen, werden leicht sehr eclatante Effecte hervorbringen, wenn sie das angezeigte Princip auf Batterien von einigen hundert Platinplatten von beträchtlicher Gröfse übertragen wollen. Was mich betrifft, so sah ich mich auf eine viel bescheidenere Zahl beschränkt. Ich konnte nur vier Plattenpaare verwenden, jede Platte etwa von $2\frac{1}{2}$ Quadratzoll Fläche auf einer Seite. Die Wirkungen dieser kleinen Säule konnten natürlich nur mäfsig seyn. Indefs glaube ich doch an ihnen genügend beobachtet zu haben, dafs die Richtigkeit des Princips und seine Anwendbarkeit auf gröfsere Batterien keinem Zweifel unterworfen ist.

Als primäre Kette gebrauchte ich eine einfache von

1) Zum besseren Verständnifs dieses Instruments werde ich in einem der nächsten Hefte eine Abbildung davon geben.

Grove'scher Construction. Bekanntlich wird durch eine solche Kette das Wasser in einem Voltameter mit Platinplatten nur höchst unbedeutend zersetzt. Es bekleiden sich im Grunde blofs die Platten mit Gasbläschen, und nur sehr wenige steigen von ihnen auf. Verbindet man nun die Wippe mit dieser Kette und der secundären Säule, in deren Kreis dasselbe Voltameter eingeschaltet ist, und setzt darauf die erstere in Bewegung, so erhält man sogleich eine sehr lebhafte Wasserzersetzung, zum augenfälligen Beweise, dafs die elektromotorische Kraft des secundären Stroms beträchtlich stärker ist als die des primären, welcher ihn hervorrief.

Mit einem Voltameter, dessen Platten, eine Seite gerechnet, etwa 3 Quadratzoll Fläche dem mit Schwefelsäure versetzten Wasser darboten, erhielt ich 5 bis 6 Kubikcentimeter Knallgas in der Minute, wenn ich die Wippe in derselben Zeit etwa 80 Mal hin und her gehen liefs.

Vor der Anstellung dieses Versuchs hatte ich eine gröfsere Wirkung erwartet. Nach reiflicherer Ueberlegung der Sache scheint mir indefs, dafs schon die erhaltene Wirkung in gewisser Beziehung eine auffallende genannt werden mufs. Denn während sich jene 6 C.C. Knallgas im Voltameter ansammelten, mufsten sich, nach wohl bekannten Principien, die noch durch neuere Versuche von Grove bestätigt worden sind, in jeder der vier Zellen der Ladungssäule 6 C.C. dieses Gasgemisches zu Wasser vereinigen, und diese Gasmenge war vorher durch Wirkung der primären Ketten aus dem Wasser entbunden worden. Es mufste also die primäre Kette, die ohne das Spiel der Wippe und die dadurch bewirkte Depolarisation der Platinplatten vielleicht noch nicht 0,1 C.C. Knallgas in der Minute liefert, mit diesem Hülfsmittel 6×4, d. h. 24 C.C. in derselben Zeit aus dem Wasser entwickelt haben. Und doch war diefs noch nicht die halbe Wirkung, da die Pausen und die Schliefsungsmo-

mente der Ladungssäule nothwendig mehr als die Hälfte der Minute ausfüllten.

Die Wasserzersetzung erfolgt übrigens schon, wenn man unter den obigen Umständen auch nur zwei Zellen der Ladungssäule wirken läfst. Sie ist dann nur schwächer. Ich bekam 1,5 C.C. Knallgas in der Minute. Sie hängt auch natürlich vom Spiel der Wippe ab; je rascher diese bewegt wird, desto gröfser ist auch, wenigstens innerhalb der von mir untersuchten Gränzen, die Menge des zerlegten Wassers.

Mit einem kleineren Voltameter gaben die vier Zellen der Ladungssäule, wenn ich sie durch eine einfache Grove'sche Kette anregte, vier C.C. Knallgas in der Minute. Als ich darauf, statt einer, zwei Grove'sche Ketten säulenartig verbunden zur Ladung verwandte, erhielt ich nahezu 8 C.C. Gas in derselben Zeit.

Die Wirkung der secundären Batterie steigt also mit der Intensität des Stroms der primären. Das ist ganz in der Ordnung; allein es zeigt sich auch, dafs, wenn man die Intensität des primären Stroms erhöht hat, man zugleich die Zahl der Plattenpaare in der Ladungssäule, so wie deren Leitungsfähigkeit, vergröfsern mufs, wenn anders man eine Verstärkung der Wirkung haben will.

Im eben genannten Fall fand sogar eine Schwächung statt. Denn die primäre Säule, direct mit dem Voltameter verbunden, würde etwa 20 C.C. Knallgas in der Minute geliefert haben, während die durch sie angeregte Ladungssäule deren nur acht gab.

Es gilt diefs jedoch nur von dem Nutzeffect, von der Wirkung der Ladungssäule im Voltameter. Die Wirkung der primären Säule wird durch das Spiel der Wippe immer verstärkt, wie wenig Zellen die Ladungssäule auch enthalten mag, wenn diese in Summa nur keinen gröfseren Widerstand darbieten als das Voltameter. Im genannten Fall lieferte die primäre Säule, statt jener 20 C.C., wenigstens 8×4, d. h. 32 C.C. Gas in

die secundäre, während diese eben [illegible] im Voltameter entband.

Ueberhaupt ist klar, dafs die chemische Wirkung der secundären Säule nothwendig von dem galvanisch-chemischen Procefs in der primären bedingt wird, und dafs also in dieser Beziehung niemals von der Anwendung einer secundären Säule eine Ersparung im Zinkverbrauch zu erwarten steht. Wenn diese ein Aequivalent Wasser zersetzt, so mufs sich auch in jeder ihrer $n$ Zellen ein Aequivalent Wasser bilden, und diese $n$ Aequivalente gebildeten Wassers setzen immer voraus, dafs sich in der primären Kette, angenommen sie sey eine einfache, $n$ Aequivalente Zink elektrolytisch gelöst haben, also genau dieselbe Menge, die sich, zur Ausübung einer gleichen Wirkung, in der Ladungssäule hätten auflösen müssen, falls diese statt des Wasserstoffs mit Zink als positivem Element versehen gewesen wäre. Der primäre Strom würde sogar $2 \times n$ Aequivalente Zink verbraucht haben, wenn er durch eine Säule aus zwei einfachen Ketten hervorgebracht wäre. Die Anwendung der Wippe und Ladungssäule hat nur den Vortheil, dafs sich, mit Hülfe derselben, in der primären Kette eine Zinkmenge elektrolytisch löst, die sich, ohne sie, entweder gar nicht oder nicht in derselben Zeit gelöst haben würde. Die Quantität der in der Zeiteinheit circulirenden Elektricität wird vergröfsert, aber diese Quantität ist in der Ladungssäule nicht gröfser als in der primären.

Bei Anwendung einer primären Säule aus zwei Grove'schen Ketten hat man übrigens Gelegenheit zu beobachten, dafs die lebhafte Wasserzersetzung, welche sie in den Zellen der Ladungssäule hervorruft, sobald die Wippe ruhig die Lage einnimmt, bei welcher sie die primäre Säule schliefst, für's Auge so gut wie gänzlich aufhört, so wie man die Wippe in rasche Bewegung setzt. Es ist wohl klar, dafs die kleine Gasmenge, welche nun in den kurzen Momenten der abwechselnden Wirkung des primären Stroms an den Platten frei wird, an die-

sen haften bleibt, ohne Bläschenform anzunehmen, bis sie in den darauf folgenden Momenten der Schliefsung der Ladungssäule vernichtet oder wieder in Wasser verwandelt wird.

Wenn die chemische Wirkung des secundären Stroms gesteigert werden soll, so mufs, wie eben gezeigt, nothwendig auch die chemische Wirkung des primären verstärkt werden. Eine solche Verstärkung ist aber nicht mehr erforderlich, wenn man blofs eine Erhöhung der elektromotorischen Kraft verlangt. Diese wächst geradezu wie die Anzahl der Zellen in der Ladungssäule, und man hat es also in seiner Macht sie beliebig zu steigern. Zu einer kräftigen Wirkung ist aber natürlich gut, diese Kraft schon in jeder einzelnen Zelle so stark wie möglich zu machen.

Die Polarisation oder elektromotorische Gegenkraft, welche aus der Anhäufung der gasförmigen Bestandtheile des Wassers an den Platten der Ladungssäule entspringt, hat, wie erst kürzlich durch Lenz, durch Wheatstone und Daniell gezeigt worden ist, ein Maximum, und dieses Maximum dürfte mit einer Säule von zwei Grove'schen Ketten schon so ziemlich erreicht werden. Eine solche Säule würde also hinreichen, jede beliebige elektromotorische Kraft, folglich auch Funken und Erschütterungsschläge in jedem beliebigen Maafse, hervorzubringen, sobald man nur dem entsprechend die Zahl der Plattenpaare in der Ladungssäule vermehrt, und zugleich den Widerstand der primären Kette verringert, oder, wenn diefs die Umstände nicht in hinreichendem Grade erlauben sollten, die Dauer der Wirkung des primären Stroms verlängert.

Leider konnte ich diese Seite des Phänomens aus angegebenem Grunde nicht hinreichend verfolgen. Ich habe mich indefs überzeugt, dafs die Ladungssäule, welche durch eine einfache Grove'sche Kette angeregt worden ist, Funken giebt, sie mag aus *vier*, aus *drei*, aus *zwei*, ja selbst nur aus *einem* Plattenpaare bestehen. Im letzteren Falle sind die Funken freilich nur schwach,

aber doch unverkennbar. Es ist wohl das erste Mal, dafs man mit einem einzigen Paar polarisirter Platinplatten elektrische Funken erhalten hat.

Alle diese Funken, mit Ausnahme der vom einzigen Plattenpaar erhaltenen, erschienen, auffallend genug, nur bei *Schliefsung* der Ladungssäule, nicht beim Oeffnen derselben. Sie erschienen immer nach den Funken, die auf der anderen Seite der Wippe bei vorausgegangener *Oeffnung* der primären Kette zum Vorschein kamen.

Bei einem einzigen Paare Platinplatten von gröfseren Dimensionen, jede Platte nämlich von beinahe 29 Quadratzoll Par. Maafs Fläche auf einer Seite, erhielt ich indefs die Funken regelmäfsig beim Oeffnen, selbst mehre Male hinter einander, ohne dafs die Platten zuvor wieder durch die primäre Kette geladen worden wären. Nur zuweilen erschien auch beim Schliefsen ein Funke; doch will ich nicht gerade behaupten, dafs diefs ein wahrer Schliefsungsfunke gewesen sey, da bekanntlich das Quecksilber hiebei zu Täuschungen Anlafs geben kann.

Zwei Rücksichten sind es, derentwegen mir der Gegenstand dieser Mittheilung noch ein besonderes Interesse zu besitzen scheint.

Für's erste in Bezug auf die Frage, ob ein elektrischer Strom durch Wasser gehen könne, ohne dasselbe zu zersetzen. Die Meinungen darüber sind bekanntlich verschieden, und ich selbst bin dieserhalb in eine Discussion gerathen mit Hrn. Martens [1]). Ich habe die Ansicht vertheidigt, dafs ein elektrischer Strom, wie schwach er auch sey, das Wasser nicht ohne Zersetzung durchlaufen könne, und in dieser Ansicht bin ich durch das, was ich bis jetzt beobachtet habe, nur bestärkt worden.

Eine Daniell'sche Kette zersetzt bekanntlich das Wasser zwischen Platinplatten sichtbar gar nicht; dennoch wird ihr Strom durch ein solches Plattenpaar nicht ganz

1) S. Annal. Bd. LV S. 450 und Bd. LVIII S. 252.

ganz auf Null gebracht, sondern es bleibt ein an einem empfindlichen Galvanometer recht merkbarer Rest, von dem es sich nun fragen kann, ob er bloſs geleitet oder zersetzend durch das Wasser gehe. Mir scheint nicht zweifelhaft, daſs, wenigstens vorher, Wasser zersetzt worden seyn muſs; denn wenn man die Wippe mit der Daniell'schen Kette und der Ladungssäule verbindet, erhält man in dem Voltameter der letzteren, eine verhältniſsmäſsig ganz ansehnliche Wasserzersetzung, 1,5 C.C. Gas in 5 Minuten. Diese Wasserzersetzung kann aber offenbar nicht anders erfolgen, als dadurch, daſs die Daniell'sche Kette zuvor die Bestandtheile des Wassers an den Platten der Ladungssäule ausgeschieden hat.

Das Zweite, was der hier beschriebenen Ladungsweise einer secundären Säule Interesse verleiht, ist die ziemlich nahe liegende Frage, ob sich nicht die Natur bei den elektrischen Fischen eines ähnlichen Processes bediene? Bekanntlich besitzt der Gymnotus ein der Volta'schen Säule analog geformtes Organ. Könnte dieſs nicht bloſs eine Ladungssäule seyn, bestimmt die elektromotorische Kraft eines Stroms zu erhöhen, der ihr aus einer im Gehirn des Thieres liegenden Elektricitätsquelle von verhältniſsmäſsig sehr niederer Spannung zugeführt würde? — Ich begnüge mich diese Fragen anzuregen; mögen Andere sie zur Entscheidung bringen.

Bei allen zuvor angeführten Versuchen war immer nur von den Wirkungen des secundären Stroms die Rede, da die Wippe eine solche Einrichtung hat, daſs, wann dieser Strom wirkt, der primäre unterbrochen ist. Es hat indeſs gar keine Schwierigkeit, mit derselben Wippe auch die vereinte Wirkung beider Ströme zu erhalten, falls dieſs in Absicht läge; es bedarf dazu nur einer anderen Drahtverbindung. Ich habe den Versuch mit einer einfachen Grove'schen Kette und einem einzigen Paare Platinplatten (den groſsen) angestellt, wo er eigentlich nur von Interesse ist, und dabei eine sehr leb-

hafte Wasserzersetzung erhalten. Man hat hier Gelegenheit recht deutlich zu beobachten, wie sehr die Dauer der Ladung von Einfluſs ist. Läſst man die Wippe eine Minute lang in der Lage, daſs nur die primäre Kette ladend wirkt, und schlägt sie dann um, wodurch diese Kette und die secundäre ihre Wirkung vereint im Voltameter ausüben müssen, so erhält man eine lebhafte Wasserzersetzung, die anderthalb Minuten und länger anhält. Geschah dagegen die Ladung momentan, so ist auch die Wasserzersetzung von kurzer Dauer. Dasselbe zeigt sich auch in den Fällen, wo, wie früher, die Wirkung des secundären Stroms von der des primären Stroms geschieden wird, überhaupt immer dann, wenn der primäre Strom relativ schwach, und die Oberfläche der zu ladenden Platten groſs wird.

---

## XIII. *Notiz über eine sonderbare Folgerung aus den Gesetzen der Lichtreflexion;* *von Hrn. Plateau in Gent.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus dem *Bullet. de l'acad. roy. de Bruxelles. T. IX, No. VII.* — Es ist dieſs die Notiz, derentwegen Hr. Colladon glaubte einen Prioritäts-Anspruch erheben zu müssen. S. Annalen, Bd. LVIII S. 131.)

---

Die Gesetze der Lichtreflexion führen zu einer merkwürdigen Folgerung, welche der Achtsamkeit der Physiker entgangen zu seyn scheint. Gesetzt ein Lichtstrahl falle schief auf eine polirte, gegen ihn concave Curve. Nach einer ersten Reflexion wird dieser Strahl abermals die Curve treffen, ein zweites, drittes etc. Mal reflectirt werden, und so eine geknickte Linie bilden, die sich in allen ihren Scheiteln gegen die reflectirende Curve stützt. Für eine gegebene Curve sind nun die Stücke dieser geknickten Linie offenbar desto kleiner und desto zahlreicher, je beträchtlicher der Einfallswinkel des ersten Strahles ist. Ist endlich dieser Winkel ein rechter, d. h. fällt

der erste Strahl tangentiell von Innen auf die Curve, so werden die Stücke der gebrochenen Lichtlinie unendlich klein und unendlich zahlreich, oder, mit andern Worten, die gebrochene Linie selbst wird eine Curve, welche mit der polirten Curve zusammenfällt. In diesem Falle gleitet also der Lichtstrahl auf der polirten Curve entlang und folgt deren Gang, so lange die Krümmung derselben das Zeichen nicht wechselt.

Wir sind also zu dem sonderbaren Resultat geführt, daſs das Licht, dessen geradlinige Fortpflanzung fast Axiom ist, und das sich nur bei der atmosphärischen Strahlenbrechung auf eine merkliche Weise von diesem Gang entfernt, nach unserem Belieben gezwungen werden kann, in krummen Linien zu wandern und sogar eine gegebene Curve zu beschreiben.

Um zu sehen, bis wie weit die Erfahrung diese Schlüsse bestätige, brauchte ich folgenden Apparat. Auf ein wohl abgehobeltes und mit weiſsem Papier beklebtes Brett zog ich einen Halbkreis von 20 Centimeter Durchmesser, höhlte nach dieser Curve eine sehr schmale Fuge von etwa 1 Centimet. Tiefe aus, und lieſs in diese eine vollkommen polirte Uhrfeder ein, die etwa 2 Centimeter breit und so lang wie der Halbkreis war.

Hierauf wurde ein Bündel Sonnenlicht horizontal in eine dunkle Kammer geleitet und in einiger Entfernung mit einem schwarzen Schirm aufgefangen, der einen etwa 1 Millimet. breiten horizontalen Schlitz besaſs, um eine dünne Lichtschicht durchzulassen. Dann wurde das Brett mit der kreisrunden polirten Stahlfeder unmittelbar hinter dem durchbohrten Schirm aufgestellt, und zwar so, daſs die Lichtschicht auf das eine Ende der Feder fiel, in einer mit der Innenseite dieser Feder nahe tangentiellen Richtung und die Papierfläche des Brettes streifend.

Alsdann sah ich wirklich einen Lichtfaden das Papier längs der Feder beleuchten, in abnehmender Intensität von dem Ende, wo das Licht einfiel, bis zu dem

anderen Ende; dort verliefs der Lichtfaden die Feder, und setzte in Richtung der Tangente des letzten Elements der Curve seinen Gang auf dem Papier fort.

Man kann auch bei diesem Versuch den Lichtfaden verfolgen, indem man von einem Ende der polirten Feder zur anderen ein Stückchen weifses Papier so hinführt, dafs es die diesen Faden bildenden Strahlen senkrecht auffängt.

Mittelst ähnlicher Apparate, wie der vorstehende, habe ich solchergestalt das Licht ein Stück einer Parabel und einer archimedischen Spirale durchlaufen lassen. Diese letzte machte drei Umgänge, und maafs, abgewikkelt, 80 Centimet-; defsungeachtet folgte ihr der Lichtfaden von einem Ende bis zum andern. Besonders bei dieser Curve bietet der Versuch ein sehr sonderbares Schauspiel dar.

Wollte man eine Curve anwenden, deren Krümmung das Zeichen wechselte, so brauchte man offenbar die Lamelle nur aus zwei, längs ihrer ganzen Concavität polirten und am Inflexionspunkt getrennten Theilen zusammenzusetzen, und zwar so, dafs der Lichtfaden, im Augenblick, wo er den ersten verläfst, tangentiell vom ersten Element der Concavität der zweiten aufgefangen wird. Oder man könnte zwei parallele Lamellen nehmen, sie längs der ganzen Curve in sehr kleinem Abstande einander parallel halten, und somit einen sehr engen, inwendig polirten Kanal bilden.

Die in diesen Kanal, nach Richtung seines ersten Elements eindringende Lichtschicht wird offenbar gezwungen sich mit ihm in jedem Sinn zu beugen, und also alle seine Krümmungen zu durchlaufen.

In allen diesen Fällen ist es freilich nur eine unendlich dünne Lichtschicht, welche sich wirklich in krummer Linie bewegt, und alle übrigen Strahlen der Gesammtschicht beschreiben, ohne Zweifel gebrochene Linien von sehr vielen Elementen; allein da diese ver-

schiedenen Elemente nicht gleiche Länge haben für alle diese Strahlen, und da die verschiedenen, aus ihnen zusammengesetzten gebrochenen Linien nicht von Punkten in gleicher Entfernung vom Ende des Kanals ausgehen, so entsprechen diese Linien einander nicht, und ihre Gesammtheit bildet einen krummlinigen Lichtstreifen, der überall eine gleiche Breite zu haben scheint. Mithin ist der Erfolg derselbe, wie wenn alle diese Strahlen wahrhafte Curven beschrieben, und parallel liefen mit denen, die in Wirklichkeit auf der Lamelle entlang gleiten.

Wie bekannt, wird das Licht durch mehrfache Reflexionen, unter gewissem Winkel, an einer Metallfläche zuletzt vollständig polarisirt. An Stahl z. B. hat Dr. Brewster gefunden, dafs nach acht Reflexionen unter dem Einfallswinkel von 75° eine vollständige Polarisation des Kerzenlichts erfolgt. Ich war demnach begierig zu erfahren, ob das Licht, welches in obigen Versuchen längs der polirten Stahlcurve fortgeglitten, mehr oder weniger polarisirt sey. Zu dem Ende fing ich mit dem Auge durch ein Nicol'sches Prisma den von der halbkreisförmigen Curve abtretenden Lichtfaden auf, und fand ihn vollständig in der Reflexionsebene polarisirt. Es ist hier zu bemerken, dafs das Licht Sonnenlicht war, und folglich eine ganz andere Intensität besafs als das einer Kerze, dessen sich Sir Brewster bediente, und zweitens, dafs der Einfallswinkel nicht ganz dem Polarisationsmaximum am Stahl entsprach, weil der einfallende Strahl tangentiell zur Fläche war.

## XIV. *Zweite Notiz über eine sonderbare Folgerung aus den Gesetzen der Lichtreflexion; von Hrn. Plateau.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus dem *Bullet. de l'acad. roy. de Bruxelles, T. X, No.* 2.)

In meinen früheren Versuchen habe ich gezeigt, dafs das Licht, welches längs der Concavität eines polirten, halbkreisrunden Stahlstreifens fortgegangen ist,, sich vollständig polarisirt erweist, wenn man es durch ein Nicol'sches Prisma mit dem Auge auffängt. Hiebei konnte ich nicht wissen, welches Stück der Curve zur Bewirkung dieser vollständigen Polarisation hinreiche, und konnte auch nicht in dieser Beziehung verschiedene Metalle vergleichen. Ich habe also seitdem die folgenden, sich leicht darbietenden Methoden angewandt, und damit Resultate erhalten, an denen man wohl einiges Interesse nimmt.

Zunächst liefs ich das horizontale Bündel Sonnenlicht, ehe es mit dem durchbohrten Schirm aufgefangen ward, durch einen Turmalin gehen. Als ich dann den Turmalin um sich selbst drehen liefs, gelangte ich zu einer Stellung, bei welcher, je nach dem Fortschritt der Polarisation am Streifen, der längs demselben fortwandernde Lichtfaden rasch erlöschte und in einigem Abstande vom Ende dieses Streifens vollständig verschwand. Liefs ich hierauf den Turmalin eine Viertel-Umdrehung machen, so sah ich den Lichtfaden längs der ganzen Curve wieder erglänzen, um abermals rasch an Intensität abzunehmen, so wie der Turmalin eine neue Viertel-Umdrehung gemacht hatte, und so fort.

Ich ersetzte den Turmalin durch ein achromatisirtes Kalkspathprisma, welches also zwei unter sich rechtwinklich polarisirte Strahlen in die dunkle Kammer sandte.

Bei zweckmäfsigem Drehen dieses Prismas und bei folgweisen Richten eines jeden der Bündel auf den ausgeschnittenen Schirm, erhielt ich mit dem einen das Maximum und mit dem andern das Minimum der Helligkeit des Lichtfadens, und ich hatte den Vortheil, ein stärkeres und farbloses Licht zu besitzen. Als ich hierauf an das polarisirende Prisma eine senkrecht gegen die Axe geschnittene Bergkrystallplatte legte, nahm der Lichtfaden bei einem der beiden Bündel nicht mehr ab wie zuvor, sondern er glänzte mit farbigem Licht. Diese, am Anfange des Fadens nullgleiche Farbe wurde immer vorwaltender, immer reiner, so wie man sich von diesem Anfange entfernte, dadurch in sonderbarer Weise den Fortgang der Polarisation an dem Streifen zeigend.

Richtete ich das zweite Bündel auf den ausgeschnittenen Schirm, so färbte sich, wie zu erwarten, der Lichtfaden complementar gegen zuvor, und zeigte in seiner Färbung einen ähnlichen Fortgang.

Sir Brewster hat gefunden, dafs sich das Licht viel schwieriger auf Silber polarisirt, als auf Stahl [1]). Ich habe diese Beobachtung vollständig bestätigt, als ich statt des Stahlstreifens einen Streifen polirten Silbers von gleichen Dimensionen nahm. Als ich mit diesem Streifen einige der vorigen Versuche wiederholte, sah ich, dafs der Lichtfaden am Ende des Halbkreises nur noch eine sehr schwache Polarisation darbot.

Ich mufs hier bemerken, dafs die zur vollständigen Polarisation erforderliche Strecke der Curve mit der Breite des Schlitzes, durch welches das Licht zum Streifen gelangt, abnimmt. In der That ist einleuchtend, dafs man, je schmäler dieser Schlitz ist, desto mehr der mathematischen Bedingung einer unendlichen Dünnheit der Lichtschicht näher kommt und desto mehr Reflexionen in der

1) An Silber wird, nach Sir Brewster, Kerzenlicht erst vollständig polarisirt nach 36 successiven Reflexionen unter dem Winkel von 73°, welches der günstigste ist.

Gesammtheit des Fadens erhält. Um daher Streifen von verschiedenen Metallen mit einander zu vergleichen, mufs man also nothwendig einen und denselben Schlitz oder Schlitze von gleicher Breite anwenden.

Um die Aufzählung der sonderbaren Versuche, die man mit meinen polirten Streifen anstellen kann, zu beschliefsen, will ich noch erwähnen, was sich begiebt, wenn man die dünne Schicht Sonnenlicht, statt tangentiell auf den Anfang des Streifens fallen zu lassen, daselbst unter einem mehr oder weniger grofsen Winkel auftreten läfst. Alsdann geschehen die successiven Reflexionen nicht mehr in einem hellen Faden, sondern sie bilden nothwendig auf dem Papier, mit dem das Brett überzogen ist, ein Stück eines Polygons von mehr oder wenig vielen Seiten; und wenn man das Brett in seiner Ebene dreht und dadurch die Neigung des ersten Elements der Curve gegen die auf dasselbe einfallende Lichtschicht ändert, so hat man das sonderbare Schauspiel, zu sehen, dafs sich das leuchtende Polygon verändert, sowohl in der Zahl als der Gröfse seiner Seiten.

In einem am 24. Oct. vorigen Jahrs in der Pariser Academie gelesenen Brief, worin Hr. Colladon Versuche von sich beschreibt, die ebenfalls eine sonderbare Anwendung der Gesetze der Lichtreflexion darbieten, fügt Derselbe hinzu: »Hr. Plateau hat am 4. Juli 1842 in der Academie zu Brüssel eine Notiz über die Biegung des schief auf eine concave Metallfläche fallenden Lichts vorgelesen; die Versuche, welche ich so eben aufzählte, sind einige Monate älter als die Mittheilung des Hrn. Plateau. Das Kabinet des *Conservatoire des arts et métiers* zu Paris besitzt seit October 1841 einen meiner Apparate, u. s. w.« [1]).

Um die Academie selbst in Stand zu setzen zu beurtheilen, bis wie weit diese Prioritäts-Erhebung begrün-

1) S. Annalen, Bd. LVIII S. 131.

det sey, will ich zunächst in wenig Worten angeben, worin die Versuche des Hrn. Colladon bestehen.

Ein Gefäfs voll Wasser hat zur Seite nach unten ein kleines Loch, aus welchem ein Strahl der Flüssigkeit entweicht. Diesem Loche gegenüber, in der entgegengesetzten Wand, ist eine grofse Oeffnung, verschlossen durch eine convexe Linse von zweckmäfsiger Brennweite. Man stellt den Apparat in eine dunkle Kammer und läfst durch die Linse ein horizontales Bündel Sonnenstrahlen treten; diese gehen durch das Wasser des Gefäfses und convergiren genau in der Oeffnung, aus welcher die Wasserader entweicht. Alle Strahlen dieses Bündels treffen dann die innere Oberfläche des flüssigen Fadens unter zu grofsen Winkeln, als dafs sie austreten können; sie erleiden eine erste, zweite, dritte, u. s. w. totale Reflexion, so dafs alles Licht in dem parabolischen Faden eingeschlossen bleibt und demselben folgt, bis er sich beim Begegnen eines Hindernisses zertheilt. Bis dahin kann das Licht nicht in's Auge gelangen, die Wasserader ist nur schwach erhellt; an den Orten aber, wo sie sich zertheilt oder wo sie auf ein Hindernifs stöfst, entweicht das Licht in glänzenden Ergüssen.

Ich erkenne willig die Aelterkeit dieser sonderbaren Versuche des Hrn. Colladon, und wenn ich sie gekannt hätte, würde ich sie, wegen ihrer Beziehung zu den meinigen, in meiner Notiz angeführt haben. Allein diese Beziehung scheint mir nicht der Art zu seyn, um eine Erstheits-Erhebung darauf zu begründen. Meine Versuche weichen wesentlich von denen des Hrn. Colladon ab, sowohl in dem Princip, welches sie zu entwickeln bezwecken, als in dem Verfahren des Experimentirens und dem Schauspiel, das sie dem Auge gewähren.

In der That war mein Zweck zu zeigen, es gehe aus den Gesetzen der Lichtreflexion die merkwürdige

Folgerung hervor, *dafs man das Licht in krummer Linie gehen lassen, und selbst zwingen könne, eine gegebene Curve zu beschreiben.* Und indem ich diesen Satz aufstellte, habe ich, wie man sich aus dem Anfange meiner früheren Notiz überzeugen kann, recht eigentlich darunter verstanden, dafs es sich um eine *wahrhafte Curve* handele, beschrieben von einem elementaren Lichtstrahl. Um zu zeigen, wie man diesen krummlinigen Gang erhalten könne, habe ich angenommen, ein einziger Strahl falle *tangentiell* auf das erste Element der Concavität einer polirten Curve. Alsdann ist wirklich der Strahl genöthigt längs der Curve fortzugleiten und ihr vollständig zu folgen, so lange die Krümmung dieser nicht das Zeichen wechselt.

Zwischen diesem und den Principien, auf welchen Hrn. Colladon's Versuche beruhen, wird man, hoffe ich, keine Analogie finden.

Nun habe ich, um den krummlinigen Gang des Lichts recht augenfällig zu machen, statt der polirten Curve die polirte Oberfläche einer gekrümmten Stahlfeder angewandt, und statt des elementaren Strahls eine sehr dünne Schicht Sonnenlicht, die ich auf das eine Ende der besagten Feder in fast tangentieller Richtung fallen liefs. Allein ich habe auch in meiner früheren Notiz deutlich gesagt, dafs sich nur eine unendlich dünne Lichtschicht wahrhaft in krummer Linie bewege, und dafs alle anderen Strahlen gebrochene Linien von sehr vielen Stükken beschrieben.

Die daraus aus der Gesammtheit der geknickten Strahlen für das Auge hervorgehende krummlinige Lichtschicht hat, ich gestehe es, viele Aehnlichkeit mit dem Lichtbündel, welches Hr. Colladon in die parabolische Wasserader einschliefst; denn die Elementarstrahlen dieses Bündels bilden ebenfalls in Folge der successiven totalen Reflexionen gebrochene Linien, deren Gesammtheit in eine krummlinige Hülle eingeschlossen ist. Allein, wie

man sieht, sind bei meinen Versuchen die geknickten Strahlen nur ein grobes unvollkommenes Mittel, die Verwirklichung des genannten Princips vor die Augen zu führen. Diefs Princip selbst, welches den Zweck und die Grundlage meiner Versuche ausmacht, hatte Hr. Colladon durchaus nicht für seine Untersuchungen nöthig, und hat auch nicht daran gedacht.

Ich mufs hinzufügen, dafs, so wie Hrn. Colladon's, und meine Verfahrungsweisen wesentlich verschieden sind der Effect für das Auge es nicht minder ist. Bei den Versuchen des Hrn. Colladon erleuchtet sich die gekrümmte Wasserader nur an gewissen besonderen Stellen. Bei meinen Versuchen dagegen ist der Lichtfaden, welcher den Gang der Lichtschicht auf dem Papier angiebt, leuchtend von einem Ende bis zum andern. Endlich machen die Polarisations-Erscheinungen an den gekrümmten Metallstreifen noch eine den Colladon'schen Versuchen fremde Eigenthümlichkeit aus.

In der Sitzung der Pariser Academie, wo der hier besprochene Brief vorgelesen ward, machte auch Hr. Babinet Versuche von sich bekannt, die denen des Hrn. Colladon ganz ähnlich sind [1]). Alles Vorhergehende gilt auch von den Versuchen des Hrn. Babinet.

---

## XV. *Ueber die Erscheinungen an dünnen Platten in polarisirtem Licht;* *von Hrn. Prof. H. Lloyd in Dublin.*

(Aus den *Procedings of the roy. Irish Acad. T. VI p.* 266.)

---

Der Verf. wurde auf diesen Gegenstand aufmerksam gemacht durch einen von Sir Brewster erhaltenen Brief, worin eine grofse Klasse bisher unbeachteter Erschei-

1) S. Annalen, Bd. LVIII S. 131.

nungen beschrieben werden. Da Sir David in diesem Brief den Wunsch ausdrückte, zu wissen, ob die Wellentheorie eine Erklärung von den von ihm beobachteten Erscheinungen liefern könnte, so wurde Hr. L. zu der Untersuchung veranlafst, welche der Gegenstand vorliegender Mittheilung ist.

Aus einer Betrachtung der Form der Fresnel'schen Ausdrücke für die Intensität des reflectirten Lichts hatte Hr. Airy vor lange gefolgert, dafs wenn senkrecht gegen die Einfallsebene polarisirtes Licht auf eine dünne, von ungleich brechenden Mitteln begränzte Platte falle, eine merkwürdige Aenderung in dem reflectirten Lichte vorgehen müsse, sobald der Einfallswinkel zwischen den Polarisationswinkeln der beiden Oberflächen der Platte liege. Diese theoretische Anticipation ward durch's Experiment vollkommen bestätigt. Wenn eine Linse von geringer Brechkraft auf eine Platte von starker Brechkraft gelegt ward, so hatten die sich bildenden Ringe einen *schwarzen* Mittelpunkt, sobald der Einfallswinkel kleiner war als der Polarisationswinkel der schwach brechenden Substanz, oder gröfser als der der stark brechenden; dagegen war der Mittelpunkt der Ringe *weifs* und das ganze System zu dem früheren *complementar*, sobald der Einfallswinkel zwischen jenen beiden Winkeln lag. Beim Polarisationswinkel selbst verschwanden die Ringe, da dann kein Licht von einer der Oberflächen der Platten reflectirt ward, und also keine Interferenz stattfand.

Seitdem ist die Untersuchung von Sir David wieder aufgenommen; er hat die Versuche Airy's in verallgemeinerter Form wiederholt, indem er das einfallende Licht in *jeglicher Ebene polarisirt* anwandte. Er ist so zu manchen neuen Resultaten gelangt. Die Ringe sah er *verschwinden* unter Umständen, unter welchen Licht von beiden Flächen der Platte reflectirt wurde, und beim

Uebergange der Ringe in das complementare System zeigten sich manche Eigenthümlichkeiten [1]).

Zur theoretischen Untersuchung dieser Erscheinungen verallgemeinerte Hr. Lloyd die von Hrn. Poisson und Hrn. Airy bei demselben Gegenstand befolgten Methoden. Die einfallende Vibration wird in zwei zerlegt, eine in der Einfallsebene und die andere in darauf senkrechter Ebene; jede Portion giebt Anlafs zu einer unendlichen Reihe reflectirter Vibrationen, in welche sie an den Gränzflächen der Platte zerfällt. Nachdem dann der Ausdruck der reflectirenden Intensität für jede Portion daraus abgeleitet worden, ist die Summe dieser Intensitäten die wirkliche Intensität des reflectirten Strahls. Für ihren Werth wurde die Formel gefunden:

$$I = \cos^2\gamma \frac{u^2+2uu'\cos\alpha+u'^2}{1+2uu'\cos\alpha+u^2u'^2} + \sin^2\gamma \frac{w^2+2ww'\cos\alpha+w'^2}{1+2ww'\cos\alpha+w^2w'^2}$$

in welcher bezeichnen: $u$ und $u'$ die Verhältnisse der reflectirten zur einfallenden Vibration an beiden Flächen der Platte, wenn das Licht in der Einfallsebene polarisirt ist; $w$ und $w'$ die entsprechenden Gröfsen für in winkelrechter Ebene polarisirtes Licht; und $\alpha$ die Phasendifferenz der successiven Portionen des reflectirten Bündels. Die Werthe von $u$, $u'$, $w$, $w'$ sind:

$$u = \frac{\sin(\vartheta - \vartheta')}{\sin(\vartheta + \vartheta')}, \quad u' = \frac{\sin(\vartheta' - \vartheta'')}{\sin(\vartheta' + \vartheta'')}$$

$$w = \frac{\tang(\vartheta - \vartheta')}{\tang(\vartheta + \vartheta')}, \quad w' = \frac{\tang(\vartheta' - \vartheta'')}{\tang(\vartheta' + \vartheta'')},$$

worin: $\vartheta$ den Einfallswinkel an der ersten Fläche der Platte, $\vartheta'$ der entsprechende Refractionswinkel oder Einfallswinkel an der zweiten Fläche, und $\vartheta''$ der Refractionswinkel an dieser zweiten. Der Werth von $\alpha$ ist:

1) Brewster's Untersuchungen sind seitdem in den *Phil. Transact. f.* 1841 erschienen. (S. Annal. Bd. LVIII S. 453 und 549.)

$$\alpha = \frac{4\pi}{\lambda} T \cos\vartheta',$$

worin $T$ die Dicke der Platte und $\lambda$ die Wellenlänge.

Wenn die Schiefe des einfallenden Bündels nicht sehr groſs ist, können die Quadrate und höheren Potenzen von $u$, $u'$, $w$, $w'$ vernachlässigt werden gegen die Einheit, und dann bekommt der Ausdruck für die Intensität den angenäherten Werth:

$$I = \cos^2\gamma(u^2 + 2uu'\cos\alpha + u'^2) + \sin^2\gamma(w^2 + 2ww'\cos\alpha + w'^2)$$

Dieser Ausdruck wird unabhängig von der Phase $\alpha$, und daher wird die Intensität *constant*, und die Ringe verschwinden, wenn

$$uu'\cos^2\gamma + ww'\sin^2\gamma = 0,$$

d. h. wenn das Azimuth der Polarisationsebene den durch die Formel

$$\tang^2\gamma = -\frac{uu'}{ww'} = -\frac{\cos(\vartheta-\vartheta')\cos(\vartheta'-\vartheta'')}{\cos(\vartheta+\vartheta')\cos(\vartheta'+\vartheta'')}$$

gegebenen Werth hat. In dieser Formel sind $\cos(\vartheta-\vartheta')$ und $\cos(\vartheta'-\vartheta'')$ immer positiv, und folglich wird der resultirende Werth von $\tang\gamma$ immer reell. Das Verschwinden der Ringe ist also nur möglich, wenn $\cos(\vartheta+\vartheta')$ und $\cos(\vartheta'+\vartheta'')$ von entgegengesetzten Zeichen sind, d. h. wenn die Einfallswinkel an beiden Flächen in dem einen Fall gröſser und in dem andern kleiner sind als der Polarisationswinkel. Die Media an beiden Seiten der Platte müssen demnach verschiedene Brechvermögen haben.

Ferner werden die Phasen der beiden Portionen des reflectirten Bündels, welche respective in der Einfallsebene und senkrecht darauf polarisirt sind, gegeben durch die Formeln:

$$\tang\alpha' = \frac{u'(1-u^2)\sin\alpha}{u(1+u'^2)+u'(1+u^2)\cos\alpha}$$

$$\tang\alpha'' = \frac{w'(1-w^2)\sin\alpha}{w(1+w'^2)+w'(1+w^2)\cos\alpha}.$$

Die Phasen $\alpha'$ und $\alpha''$ sind also im Allgemeinen ver-

schieden, und daher wird das Licht im Allgemeinen *elliptisch polarisirt* seyn.

Der Verfasser geht alsdann in einige mit diesem Theil des Gegenstands verknüpfte Entwicklungen ein, welche von Sir D. Brewster im Laufe seiner Versuche nicht scheinen beobachtet worden zu seyn, und er schliefst mit Hervorhebung der wichtigen Beziehungen, welche derselbe möglicherweise mit den Erscheinungen der elliptischen Polarisation an Metallen haben könne.

---

## XVI. *Ueber den Fundort und die Krystallform der phosphorsauren Yttererde; von Th. Scheerer in Christiania.*

---

In allen neueren Hand- und Lehrbüchern der Mineralogie, in denen die phosphorsaure Yttererde (Ytterspath, Glocker) erwähnt wird, findet man angeführt, dafs dieses äufserst seltene Mineral beim Cap Lindesnäs in Norwegen vorkomme [1]). Diese Angaben sind sämmtlich aus Berzelius's Abhandlung über die phosphorsaure Yttererde entlehnt, in welcher es heifst, dafs das genannte Mineral durch Hrn. Tank jun. in der Nachbarschaft vom Cap Lindesnäs gefunden worden sey [2]). Diefs ist jedoch nicht ganz richtig, indem der Ort, an welchem die phosphorsaure Yttererde vorkommt, etwa 5 geographische Meilen in gerader nordwestlicher Richtung vom Cap Lindesnäs entfernt liegt. In einigen von Hrn. Tank über

1) Glocker führt in seinem Grundrifs der Mineralogie noch ein anderes Vorkommen des Ytterspaths an, nämlich mit Gadolinit zu Ytterby.

2) *Kongl. Vetensk. Acad. Handl.* 1824, *p.* 334, so wie v. Leonhard's Zeitschrift f. Min. 1825, Bd. II S. 267 und Poggendorff's Annal. Bd. III S. 203.

norwegische Mineralvorkommnisse gesammelten Notizen, die jetzt im Besitze Prof. Keilhau's sind, wird nämlich von Ersterem angeführt, daſs er die phosphorsaure Yttererde, begleitet von Orthit, in einem Gange von grobkörnigem Granit auf der Insel Hitteröe, bei Flekkefjord, gefunden habe. Diese Insel besuchte ich im vergangenen Jahre, und habe bereits in diesen Annalen, Bd. LVI S. 488, eine kurze Beschreibung der dortigen Mineralvorkommnisse geliefert. Ich erwähnte damals eines Minerals, von dem ich sagte, daſs es der phosphorsauren Yttererde gleiche. Eine genauere Untersuchung desselben hat mir gezeigt, daſs es wirklich Tank's phosphorsaure Yttererde zu seyn scheint, wie folgende Charakteristik desselben beweist.

*Aeuſsere Gestalt.* Nur krystallisirt in etwa Linien langen Quadratoctaëdern, deren Polkantenwinkel etwa 124°, und deren Mittelkantenwinkel 82° beträgt. Berechnet man den ersteren Winkel aus dem letzteren, so ergiebt sich derselbe zu 124° 44′. Diese Abweichung ist nicht bedeutend zu nennen, da die Krystalle, obwohl völlig scharf ausgebildet, keinen hinreichenden Glanz besaſsen (einzelne sind sogar völlig matt), um mit dem Reflexionsgoniometer gemessen zu werden. — Die Octaëder treten ohne alle Combinationsflächen auf.

*Innere Gestalt.* Deutlich spaltbar parallel den Flächen der quadratischen Säule.

*Farbe.* Chocoladenbraun, Haarbraun in's Gelblichbraune und Fleischroth.

*Farbe des Pulvers.* Gelblichweiſs bis Fleischroth.

*Durchsichtigkeit.* In dünnen Splittern mit bräunlicher oder gelblich röthlicher Farbe.

*Glanz.* Sowohl auf Krystall- als auf Bruchflächen schwach, etwas fettartig glänzend.

*Bruch.* Theils blättrig, theils splittrig.

*Härte.* Etwas gröſser als die des Fluſsspaths.

*Specifisches Gewicht.* 4,39.

Ver-

*Verhalten vor dem Löthrohre.* In der Platinzange unschmelzbar, eine dunklere, schmutzige Farbe annehmend. In kleinen Stückchen angewendet, wird das Mineral vom Phosphorsalz äufserst schwierig und nur unvollkommen gelöst, etwas besser dagegen in Pulverform. Borax löst das Mineral leichter auf, wobei sich eine geringe Eisenreaction zu erkennen giebt. Mit Soda und Salpeter auf Platinblech geschmolzen, zeigt sich keine Spur von Manganreaction.

*Chemische Constitution.* Da ich nur sehr wenige Krystalle dieses Minerals besitze, konnte ich keine vollständige analytische Untersuchung desselben vornehmen. In kochender Salzsäure ist das gepulverte Mineral unlöslich, verliert aber seine Farbe, indem hauptsächlich etwas Eisenoxyd extrahirt wird. Schmelzt man es mit Soda im Platintiegel, behandelt die Masse mit kochendem Wasser, filtrirt die Lösung, übersättigt sie mit Essigsäure, und legt, nach abermaligem Kochen, um die Kohlensäure zum Entweichen zu bringen, ein Stückchen salpetersaures Silber in dieselbe, so bildet sich ein citrongelber Niederschlag. Der in kochendem Wasser ungelöste Rückstand besteht aus Yttererde, einer geringen Menge Eisenoxyd und einer Spur Kalkerde. Aufserdem enthält das Mineral noch eine geringe und gewifs unwesentliche Quantität Kieselerde. Durch eine Analyse, welche aber nur mit der sehr kleinen Quantität von 0,166 Grm. Mineral angestellt wurde, erhielt ich das Resultat, dafs das Mineral etwa 68 Procent Yttererde und Eisenoxyd enthalte. Die übrigen 32 Procent waren Phosphorsäure (durch Bleizucker - Auflösung gefällt) und Kieselerde.

Berzelius fand das spec. Gewicht der phosphorsauren Yttererde 4,557. Ich halte diese Angabe für richtiger als die meinige, theils weil ich nur etwa 0,6 Grm. zur Bestimmung des spec. Gewichts anwenden konnte, theils weil es möglich ist, dafs einzelne der angewende-

ten Krystalle nicht ganz frei von eingemengtem und damit verwachsenem Feldspath waren, der zuweilen eine ganz ähnliche Farbe wie die phosphorsaure Yttererde hat. Glocker giebt in seinem Grundrifs der Mineralogie das spec. Gewicht des Ytterspaths zu 4,14 an. Woher diese Angabe entnommen wurde, ist mir nicht bekannt.

Die Krystallform des Ytterspaths hat Haidinger untersucht. Da unsere Universitätsbibliothek nicht im Besitze des *Edinburgh Journal of Science* ist, konnte ich mir keine nähere Einsicht in die Resultate dieser Untersuchung verschaffen. In Glocker's genanntem Werke wird die Krystallform des Ytterspaths als quadratoctaëdrisch bezeichnet, das Quadratoctaëder mit Polkanten von ungefähr 120° und mit Mittelkanten von 90°. Wenn diefs die Angabe von Haidinger ist, so haben demselben wohl keine scharf ausgebildeten Krystalle zu Gebote gestanden.

## XVII. *Ueber den Uwarowit und Granat bezüglich ihrer Zerstörung; von Aug. Breithaupt.*

Durch die Mittheilungen über den Uwarowit in diesen Annalen, Bd. LIX S. 488, wird man endlich mit diesem Körper näher bekannt. Indessen füge ich darüber noch Folgendes hinzu. Nur die glänzendsten und im Bruche auch frisch erscheinenden Stücke können zum Anhalten für die mineralogische Charakteristik dienen. Die Bröckchen, welche ich zuerst von diesem Körper erhielt, sind jedenfalls schon zerstört, und zeigten auch deshalb das niedrige specifische Gewicht 2,969, während doch Hr. Komonen den frischen zu 3,418 fand. Neuerlich erielt ich durch Hrn. Graube, der Jahre lang Verwal- der Butera'schen Bergwerke bei Bissersk war, ei-

nige Exemplare des Uwarowits, darunter eins fast glanzlos und kaum von der Härte 6 (der des Apatits), während ein anderes lebhaft glänzendes die Härte 8 erreicht und selbst übersteigt. Durch diese Umstände dürfte bewiesen werden, dafs der Uwarowit der Verwitterung leicht unterworfen sey.

Ist der Uwarowit ein Granat, woran kaum noch zu zweifeln, so kann ich von anderen Granaten gleichartige Verwitterungen hinzufügen. Schon seit lange kenne ich Uebergänge des Aplom-Granat in eine dunkelgrüne chlorit-ähnliche Masse, die zum Theil so weich ist, dafs sie hin und wieder Eindrücke vom Fingernagel annimmt. So aus dem Forstwalde bei Schwarzenberg in Sachsen, aus dem Elsafs etc. Im vorigen Jahre kaufte ich ein gröfseres Stück Chloritschiefer mit inneliegenden Parthien und Krystallen des gelbbraunen sogenannten halbharten Fahlunits von Fahlun. Diese Krystalle waren deutliche und undeutliche rhombische Dodecaëder, die undeutlichen in die Körnerform übergehend. Diesen Fahlunit, welcher nach seinen Merkmalen dem Serpentin nahe steht, darf man wohl als das Product einer Umwandlung des Granats ansehen, da Granat oft ein gleiches Vorkommen zeigt, der Fahlunit aber in seinem Innern durchaus unkrystallinisch ist. Gleichfalls im vorigen Jahre erhielt ich ein Stück schwärzlichgrünen Aplom-Granat von der Grube Zweigler bei Schwarzenberg, durch die Güte des Hrn. Finanz-Procurator Lindner, in deutlichen und ziemlich grofsen Dodecaëdern. Während an der einen Seite der Granat noch ganz frisch ist und mit dem Stahle Funken schlägt, geht er allmählig nach der entgegengesetzten Seite hin in ein halbhartes bis weiches Mineral über, was in den meisten Kennzeichen mit Serpentin und Fahlunit übereinstimmt, und nur noch 2,775 wiegt.

---



